

S PN=JP 7077652
S1 1 PN=JP 7077652
?

T/35

1/35/1
DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat
(c) 2003 EPO. All rts. reserv.

12318097

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 7077652 A2 950320 <No. of Patents: 001>
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date
JP 7077652	A2	950320	JP 93223290	A	930908 (BASIC)

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 93223290 A 930908

PATENT FAMILY:

JAPAN (JP)

Patent (No,Kind,Date): JP 7077652 A2 950320

PROJECTION LENS AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE (English)

Patent Assignee: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Author (Inventor): MASUMOTO YOSHIHIRO; MIYATAKE YOSHITO

Priority (No,Kind,Date): JP 93223290 A 930908

Applic (No,Kind,Date): JP 93223290 A 930908

IPC: * G02B-013/16; G02B-013/18

Language of Document: Japanese

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 07-077652
 (43) Date of publication of application : 20.03.1995

(51) Int.CI. G02B 13/16
 G02B 13/18

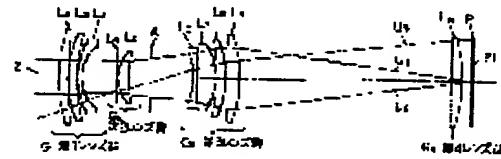
(21) Application number : 05-223290 (71) Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
 (22) Date of filing : 08.09.1993 (72) Inventor : MASUMOTO YOSHIHIRO
 MIYATAKE YOSHITO

(54) PROJECTION LENS AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain the projection lens which has a large back focus ratio, high resolving performance, and a small F number by employing four-lens-group constitution and providing relatively long air gaps between respective lens groups.

CONSTITUTION: This device is provided with a 1st lens group G1 and a 2nd lens group G2 which have negative power, and a 3rd lens group G3 and a 4th lens group G4 which have positive power in order from a screen side. Further, the relatively long air gaps are provided among the respective lens groups G1-G4 to make a main light beam almost parallel to the optical axis of the 4th lens group G4 in the space on the opposite side from a screen. Then $-7.0 < f_{G1}/f < -1.9$, $-10.0 < f_{G2}/f < -1.1$, and $0.5 < (d_{G1}+d_{G2})/f < 1.1$ hold, where (f) is the composite focal length of the whole system, f_{G1} is that of the 1st lens group, f_{G2} is that of the 2nd lens group, d_{G1} is the air gap between the 1st and 2nd lens groups, and d_{G2} is that between the 2nd and 3rd lens groups.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 12.12.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-77652

(43)公開日 平成7年(1995)3月20日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 2 B 13/16
13/18

識別記号
9120-2K
9120-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数18 O.L (全31頁)

(21)出願番号 特願平5-223290

(22)出願日 平成5年(1993)9月8日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 桥本 吉弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 宮武 義人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

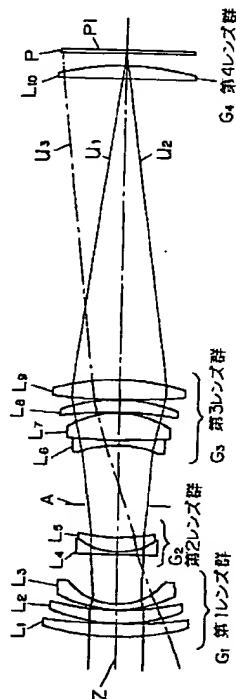
(74)代理人 弁理士 小鍛治 明 (外2名)

(54)【発明の名称】 投写レンズおよび投写型表示装置

(57)【要約】

【目的】 大きなバックフォーカス比、優れた解像性能、小さなFナンバー、といった優れた性能を有する投写レンズ、および明るく高画質の投写画像を表示できる投写型表示装置を提供する。

【構成】 スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群G1、負パワーの第2レンズ群G2、正パワーの第3レンズ群G3、正パワーの第4レンズ群G4を備え、これらの各レンズ群の間に比較的長い空気間隔を設ける。全系の合成焦点距離 f 、第1レンズ群の合成焦点距離 f_{G1} 、第2レンズ群の合成焦点距離 f_{G2} 、第1レンズ群と第2レンズ群との間の空気間隔 d_{G1} 、第2レンズ群と第3レンズ群との間の空気間隔 d_{G2} の各々は、それぞれ所定の条件式を満たす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、負パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群と、前記スクリーンの反対側の焦点の近傍に配置される正パワーの第4レンズ群とを備え、前記各レンズ群の間に比較的長い空気間隔を設け、前記スクリーンの反対側の空間において主光線が前記第4レンズ群の光軸と略平行となるようにし、全系の合成焦点距離 f と、前記第1レンズ群の合成焦点距離 f_{G1} と、前記第2レンズ群の合成焦点距離 f_{G2} と、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間の空気間隔 d_{G1} と、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間の空気間隔 d_{G2} の各々は、以下の条件を満足する投写レンズ。

【数1】

$$-7.0 < f_{G1}/f < -1.9$$

【数2】

$$-10.0 < f_{G2}/f < -1.1$$

【数3】

$$0.5 < (d_{G1} + d_{G2})/f < 1.1$$

【請求項2】第4レンズ群の合成焦点距離 f_{G4} と第2レンズ群と第3レンズ群との間の空気間隔 d_{G3} は、以下の条件を満足する請求項1記載の投写レンズ。

【数4】

$$0.9 < f_{G4}/d_{G3} < 1.6$$

【請求項3】第1レンズ群は、スクリーン側から順に、凸面をスクリーン側に向けた正メニスカスレンズ、凸面をスクリーン側に向けた正メニスカスレンズ、凸面をスクリーン側に向けた負メニスカスレンズ、からなる請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項4】第1レンズ群は、スクリーン側から順に、凸面をスクリーン側に向けた正メニスカスレンズ、凸面をスクリーン側に向けた負メニスカスレンズ、凸面をスクリーン側に向けた負メニスカスレンズ、からなる請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項5】第2レンズ群は、正レンズと負レンズとで構成され、前記負レンズのアッペ数に比べて前記正レンズのアッペ数が小さい請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項6】第2レンズ群は、正レンズと負レンズを接合して構成し、前記負レンズのアッペ数に比べて前記正レンズのアッペ数が小さい請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項7】第3レンズ群は、接合レンズを含む請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項8】第3レンズ群は、接合レンズを含み4枚のレンズから構成される請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項9】第4レンズ群は、平面をスクリーン側に向けた平凸レンズである請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項10】第4レンズ群は、平面をスクリーン側に向けた平凸レンズであり、凸面が非球面である請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項11】第1レンズ群あるいは第3レンズ群の少なくとも一方は、少なくとも1つの非球面からなる光学面を備える請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項12】第1レンズ群の最もスクリーン側に位置するレンズは、少なくとも一方のレンズ面が非球面である請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項13】第3レンズ群のスクリーンに対して最も遠い側に位置するレンズは、少なくとも一方のレンズ面が非球面である請求項1または請求項2記載の投写レンズ。

【請求項14】主レンズ群と、同一特性を有する3つの補助レンズと、2つのダイクロイックミラーと、平面ミラーとを備え、前記主レンズ群はスクリーン側から順に第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、前記第1の補助レンズと前記第2の補助レンズから出射する光は前記第1のダイクロイックミラーにより合成されて前記第2のダイクロイックミラーに入射し、前記第3の補助レンズから出射する光は前記平面ミラーを介して前記第2のダイクロイックミラーに入射し、前記第2のダイクロイックミラーに入射する2つの光は合成されて前記主レンズ群に入射し、前記主レンズ群は請求項1記載の第1レンズ群から第3レンズ群までの系を用い、前記各補助レンズは請求項1記載の第4レンズ群を用い、前記主レンズ群から前記各補助レンズまでの3つの系が所定の結像特性を有する投写レンズ。

【請求項15】主レンズ群と、3つの補助レンズと、2つのダイクロイックミラーと、平面ミラーとを1つの筐体に収納した請求項14記載の投写レンズ。

【請求項16】2つのダイクロイックミラーと、平面ミラーとは、各反射面が互いに平行である請求項14記載の投写レンズ。

【請求項17】3つの補助レンズの各々の光軸が同一平面上にある請求項14記載の投写レンズ。

【請求項18】3原色の色成分を含む光を放射する光源と、前記光源から出射する光を3原色の色光に分解する色分解手段と、前記色分解手段から出射する3原色の色光の各々により照明される3つのライトバルブと、投写レンズとを備え、前記投写レンズとして請求項14記載の投写レンズを用い、前記3つのライトバルブから出射する色光の各々はそれぞれ対応する補助レンズに入射し、前記3つのライトバルブ上の光学像を重畠形態でスクリーン上に投写する投写型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ライトバルブ上の光学像をスクリーン上に拡大投影する投写レンズ、およびそれを用いた投写型表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、大画面映像を表示する方法の1つとして、ライトバルブを用いた投写型表示装置が知られている。近年では、液晶パネルを用いた投写型表示装置が開発されており、小型で軽量のセットが実現できる利点から注目されている（例えば、特開昭62-133424号公報、SID'91ダイジェスト419~422ページ、など）。

【0003】液晶パネルには、ツイストネマティック液晶を用い、画素ごとに薄膜トランジスタなどのスイッチング素子を設けてアクティブマトリックス駆動する方式が主として用いられる。また、赤用、緑用、青用の3枚の液晶パネルを用いてフルカラーの投写画像を得る方式が主流となりつつある。これらは、いずれも高画質な投写画像を得ることのできる利点がある。

【0004】このような投写型表示装置の構成の一例を（図45）に示す。投写器101は、主として、光源102、色分解光学系116、フィールドレンズ106、107、108、液晶パネル109、110、111、色合成光学系117、投写レンズ115、から構成される。色分解光学系116は、ダイクロイックミラー103、104と平面ミラー105から構成され、色合成光学系117は、ダイクロイックミラー112、113と平面ミラー114から構成される。液晶パネル109、110、111は、映像信号に応じて空間的に透過率を変化させて、赤、緑、青の三原色に対応した光学像を形成する。色分解光学系116は、光源102から出射する白色光をダイクロイックミラー103、104により三原色の色光に分解し、各色光を対応するフィールドレンズ106、107、108と液晶パネル109、110、111に導いて光学像を照明する。液晶パネル109、110、111から出射した各色光は色合成光学系117に入射し、ダイクロイックミラー112、113により合成されて、投写レンズ115に入射する。これにより、三原色に対応した光学像が合成され、スクリーン（図示せず）上にフルカラーの大画面映像が拡大投影される。

【0005】投写型表示装置には、スクリーンに対して画像を観察者側から投影するフロント式と、観察者と反対側から投影するリア式がある。また、投写器とスクリーンを分離した二体型と、投写器とスクリーンを同一の筐体に取り付けた一体型がある。100インチを超えるような大きな投写画像を得るには、広い投写空間を必要とするのでフロント式二体型が、50インチ前後の中程度の投写画像を得るには、投写空間を反射ミラーを用いて折りたたみ、投写器とスクリーンを比較的コンパクトな筐体内に納めたリア式一体型が、主として用いられる。

【0006】（図45）に示した投写器は投写レンズが1本であるので、スクリーンに対する投写器の相対位置

を容易に設定でき、また、投写レンズをズームレンズとすれば画面サイズを容易に変えることができる。これは、特にフロント式二体型として用いた場合に、大きな利点となる。

【0007】このような液晶投写型表示装置に用いられる投写レンズの一例として、特開平4-335610号公報がある。（図46）にレンズ構成の一例を示す。レンズ121がスクリーン側、レンズ122が液晶パネル側に相当し、9枚のレンズから構成されている。焦点距離 f は128.6mm、Fナンバーは8.0、スクリーン側の半画角 ω は24度、である。広角で、全系の焦点距離の2倍以上の長いバックフォーカスを実現している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】（図45）に示した構成の投写型表示装置に用いる投写レンズ115は、高画質な投写画像を得るために、以下に述べる性能を備える必要がある。

【0009】第1に、ハイビジョンなどの精密な表示画像を拡大投影するために、優れた解像性能を要求される。そのために、歪曲を含めて諸収差の発生を良好に抑制する必要がある。第2に、明るい投写画像を得るためにライトバルブから出射する光を広い角度で集光しなければならず、Fナンバーは小さいことが好ましい。第3に、投写画像の画面周辺部における光量の低下を抑制するために、最大画角範囲まで高い開口効率を維持する必要がある。第4に、表示むらに少ない投写画像を得るために、ライトバルブ側の主光線についてテレセントリック性の高いことが要求される。一般に、ライトバルブの光変調特性は光線の入射角に依存することが知られている。例えば液晶パネルの場合、主光線の入射角が大きく異なれば、表示画像のコントラストが部分的に低下して不均一となる。その結果、表示むらを生じる。第5に、投写距離を短くするために広角の投写レンズが好ましく、焦点距離 f は短いことが望まれる。加えて、色合成光学系を配置する空間を得るために、バックフォーカス（投写レンズの後玉頂点から後側焦点までの距離） f_B を非常に長くする必要がある。そのために、1を超える非常に大きなバックフォーカス比 f_B/f が必要となる。

【0010】これらの要求性能に対して、一般に、焦点距離 f を短くすることと、バックフォーカス f_B を長くすることは相反する。例えば、スクリーン側から順に、負パワーの前群、正パワーの後群を配置するレトロフォーカス型が知られているが、 f_B/f として2程度を実現しようとすると、歪曲収差が非常に大きくなると共に、諸収差の発生量が増大し、高い解像性能を得ることが困難となる。また、一般に、Fナンバーを小さくすることと、高い解像性能を得ることも相反する。Fナンバーを小さくするほど、主光線に対してより広い角度をなして進行する光線について、収差の発生を良好に抑制し

なければいけない。

【0011】従って、従来は、焦点距離、バックフォーカス比、解像性能、Fナンバー、テレセントリック性、開口効率、の全てについて、要求性能を高いレベルで満たす投写レンズを実現することは困難であった。このために、短い投写距離で高画質な投写画像を表示する投写型表示装置を実現することは困難であった。

【0012】例えば、特開平4-335610号公報に開示される投写レンズは、大きなバックフォーカス比を実現すると共に諸収差を良好に補正しているが、Fナンバーが比較的大きく、F8である。液晶パネルから光軸に対して±約3.6度の範囲に出射する光しか利用できないので、明るい投写画像を得ることが困難である。

【0013】他に、FナンバーはF4.5、焦点距離fは90mm、バックフォーカスfBは160mmで、バックフォーカス比fB/fは約1.8であるものも実現されている。しかし、テレセントリック性が良好でないと共に、高精細な画像を投影するには解像性能が全く十分ではなく、ハイビジョンレベルの画像を投影するには不適当であった。より明るい投写画像を得るために、Fナンバーは、例えばF4以下のより小さな値であることが望まれる。

【0014】本発明は、特にフロント式二体型の投写型表示装置に用いることを想定し、実用上十分に大きなバックフォーカス比、高精細画像の投影に対応した高い解像性能、小さいFナンバー、を実現する投写レンズを提供することを目的とする。本発明の投写レンズを用いて、明るく高画質な映像を表示する投写型表示装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために本発明の投写レンズは、スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、負パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群と、スクリーンの反対側の焦点の近傍に配置される正パワーの第4レンズ群とを備え、各レンズ群の間に比較的長い空気間隔を設け、スクリーンの反対側の空間において主光線が第4レンズ群の光軸と略平行となるようにし、全系の合成焦点距離fと、第1レンズ群の合成焦点距離fG1と、第2レンズ群の合成焦点距離fG2と、第1レンズ群と第2レンズ群との間の空気間隔dG1と、第2レンズ群と第3レンズ群との間の空気間隔dG2、の各々は以下の条件を満足するようにしたものである。

【0016】

【数5】

$$-7.0 < f_{G1}/f < -1.9$$

【0017】

【数6】

$$-10.0 < f_{G2}/f < -1.1$$

【0018】

【数7】

$$0.5 < (d_{G1} + d_{G2})/f < 1.1$$

【0019】本発明の投写レンズは、さらに、第4レンズ群の合成焦点距離fG4と第2レンズ群と第3レンズ群との間の空気間隔dG3について、以下の条件を満足させるとよい。

【0020】

【数8】

$$0.9 < f_{G4}/d_{G3} < 1.6$$

【0021】また、本発明の投写レンズは、主レンズ群と、同一特性を有する3つの補助レンズと、2つのダイクロイックミラーと、平面ミラーとを備え、主レンズ群はスクリーン側から順に第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、第1の補助レンズと第2の補助レンズから出射する光は第1のダイクロイックミラーにより合成されて第2のダイクロイックミラーに入射し、第3の補助レンズから出射する光は平面ミラーを介して第2のダイクロイックミラーに入射し、第2のダイクロイックミラーに入射する2つの光は合成されて主レンズ群に入射し、主レンズ群として上記投写レンズの第1レンズ群から第3レンズ群までの系を用い、各補助レンズとして上記投写レンズの第4レンズ群を用い、主レンズ群から各補助レンズまでの3つの系が所定の結像特性を有するようにしたものである。

【0022】さらに、本発明の投写型表示装置は、3原色の色成分を含む光を放射する光源と、光源から出射する光を3原色の色光に分解する色分解手段と、色分解手段から出射する3原色の色光の各々により照明される3つのライトバルブと、投写レンズとを備え、投写レンズとして上記の投写レンズを用い、3つのライトバルブから出射する色光の各々はそれぞれ対応する補助レンズに入射し、3つのライトバルブ上の光学像を重畳形態でスクリーン上に投写するものである。

【0023】

【作用】(図1)を用いて、本発明の投写レンズの基本構成であるレトロフォーカス型レンズの作用を述べる。レトロフォーカス型レンズは、負パワーの前レンズ群Gfと正パワーの後レンズ群Gbから構成される。前レンズ群Gfと後レンズ群Gbは、いずれも薄肉レンズと考えて表す。

【0024】スクリーン側から光軸11と平行に入射する高さh1の光線12は、前レンズ群Gfにより発散光線13に変換され、光線高h2となり後レンズ群Gbに入射する。後レンズ群Gbに入射した光線13は収束光線14に変換され、光線14と光軸11の交点が焦点Fとなる。主点Hは入射光線12と収束光線14の交点15から光軸11に下ろした垂線と光軸11の交点であり、主点Hから焦点Fまでの距離が焦点距離fとなる。バックフォーカスfBは、後レンズ群Gbから焦点Fまでの距離である。h2/h1が大きくなるように、前レンズ群Gf

と後レンズ群G6のパワー配分を定めれば、大きなバックフォーカス比 f_B/f を得ることができる。

【0025】本発明の投写レンズは、負パワーの第1レンズ群G1、負パワーの第2レンズ群G2、正パワーの第3レンズ群G3、正パワーの第4レンズ群G4、から構成される。(図2)は各レンズ群を薄肉レンズと考えて表したもので、Pはスクリーンに投影されるライトバルブ上の光学像を示す。投写レンズから離れた位置にあるスクリーンから出射する軸上光線を光線1'2'、軸外主光線を光線1'7'、として表す。軸上光線1'2'は、投写レンズの入射瞳の最周縁部を通過するものとする。

【0026】第1レンズ群G1と第2レンズ群G2が負パワーの前レンズ群を、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4が正パワーの後レンズ群を形成する。ただし、(図1)を用いて述べた後レンズ群G6の機能は、主として第3レンズ群G3が担い、第4レンズ群G4は補助的な機能を担う。第1レンズ群G1から第3レンズ群G3までの系を主レンズ群、第4レンズ群G4を補助レンズと呼ぶ。

【0027】軸上光線1'2'は、光軸1'1に対してほぼ平行に進行し、第1レンズ群G1に入射する。軸上光線1'2'は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2により発散光線1'3'a、1'3'bに変換された後に、第3レンズ群G3により収束光線1'4'に変換され、第4レンズ群G4を経て、光学像Pの軸上点に到達する。光線1'4'が光軸近傍を通過するので、第4レンズ群G4は軸上光線に対してあまり作用しない。軸上光線1'2'の経路は(図1)における光線1'2と同様であり、主レンズ群よりも光学像P側に大きく離れた位置に主点を設けて、大きなバックフォーカス比 f_B/f を得ることができる。ただし、バックフォーカス f_B は、主レンズ群と光学像Pとの間の距離として考える。第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間に大きな空間を得るので、色合成を行うダイクロイックミラーを配置できる。

【0028】本発明の投写レンズは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2が負パワーの前レンズ群Gfの機能を分担して担うので、負パワーのレンズ群で発生する収差を抑制できる特徴がある。また、第1レンズ群G1について、軸上光線1'2'は光軸1'1の近傍を通過するのに対し、軸外主光線1'7'は光軸1'1から離れたレンズ周辺部を通過する。そのために、第1レンズ群G1は軸上光線よりも軸外主光線に対してより大きな作用を与えることができ、軸外収差を良好に補正できる利点がある。

【0029】光学像Pの近傍に配置される正パワーの第4レンズ群G4は、以下の機能を担う。第1に、第4レンズ群G4のレンズ面形状を適切に選ぶことで、光学像P側の空間における軸外主光線1'7'を光軸1'1とほぼ平行にすることができます。つまり、テレセントリック性の優れた投写レンズを構成できる。第2に、第3レンズ群G3を通過する軸外主光線1'7'の光線高を小さくでき

るので、第3レンズ群G3のレンズ径をあまり大きくすることなく、Fナンバーの小さい投写レンズを構成できる。第3に、軸上光線1'2'は第4レンズ群G4の光軸近傍を通過し、軸外主光線1'7'は周辺部を通過するので、全系の球面収差をあまり変化させることなく、全系の軸外収差を変化させることができる。具体的に、正の歪曲収差を発生させて他の系で発生する負の歪曲収差を補正し、全系の歪曲収差を小さくできる。また、他の系で発生する非点隔差を補正し、全系の非点隔差を小さくすることができる。第4レンズ群G4を構成するレンズ面の少なくとも1つの面を非球面とすると、より大きな上記効果を得ることができる。

【0030】次に、本発明の投写レンズが満たすべき条件について説明する。(数5)の条件は、第1レンズ群G1の合成焦点距離 f_{G1} を一定範囲に限定する。これにより、全系の収差をバランス良く保ちながら、主レンズ群のバックフォーカスを所定の値に設定することができる。 f_{G1}/f が上限値より大きい場合、第1レンズ群G1の負のパワーが強くなりすぎ、第1レンズ群G1で発生する軸外収差を、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3で補正することが困難となる。 f_{G1}/f が下限値より小さい場合、第1レンズ群G1の負のパワーが弱くなりすぎ、所定のバックフォーカスを得るために、第2レンズ群G2に与える負担が大きくなる。その結果、第2レンズ群G2で発生する諸収差を、第3レンズ群G3で補正することが困難となる。

【0031】(数6)の条件は、第2レンズ群G2の合成焦点距離 f_{G2} を一定範囲に限定する。これにより、(数5)の条件を満足させた上で第2レンズ群G2の負のパワーを適当な大きさとし、全系の収差をバランス良く保ちながら、主レンズ群のバックフォーカスを所定の値に設定することができる。 f_{G2}/f が上限値より大きい場合、第2レンズ群G2の負のパワーが強くなりすぎ、第2レンズ群G2で発生する諸収差を、第3レンズ群G3で補正することが困難となる。 f_{G2}/f が下限値より小さい場合、第2レンズ群G2の負のパワーが弱くなりすぎ、所定のバックフォーカスを得ることが困難となる。

【0032】(数7)の条件は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の空気間隔 d_{G1} と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の空気間隔 d_{G2} の和、 $(d_{G1} + d_{G2})$ を一定範囲に限定する。 $(d_{G1} + d_{G2})/f$ が下限値より小さい場合、第1レンズ群G1により軸外収差を良好に補正することが難しくなる。加えて、所定のバックフォーカスを得ることが困難となる。必要なバックフォーカスを無理に得ようとすると、第3レンズ群G3の負担が大きくなり、全系の収差をバランス良く補正することが困難となる。 $(d_{G1} + d_{G2})/f$ が上限値より大きい場合、主レンズ群のレンズ全長が長くなり、最大画角に到るまで高い開口効率を維持することが困難となる。そのために、周辺光量の低下を招く。開口効率を維持するた

めに、第1レンズ群G1の有効径を大きくすることが考えられるが、コストが著しく高くなる。第3レンズ群G3の有効径を大きくすることも有効であるが、コスト高を招くと共に、より大きなバックフォーカスが必要となり、レンズ系の諸収差をバランス良く補正することが困難となる。これは、第3レンズ群G3に入射する光束径が大きくなると、色合成を行なうための空間が大きくなり、必要とするバックフォーカスがより長くなるためである。

【0033】(数8)の条件は、第4レンズ群G4の合成焦点距離 f_{G4} と、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4の空気間隔 d_{G3} の比を一定範囲に限定する。これにより、第4レンズ群G4についてスクリーンと反対側の空間における主光線を光軸とほぼ平行にすることができる。つまり、良好なテレセントリック性を実現することができる。従って、使用するライトバルブの光変調特性が比較的大きな視角依存を有する場合に、望ましくは(数8)の条件を満足させると良い。これにより投写画像の表示むらを小さくすることができる。

【0034】以上述べた作用により、本発明の投写レンズは、大きなバックフォーカス比、高い解像性能、小さなFナンバー、といった優れた諸性能を実現できる。また、本発明の投写レンズを用いて投写型表示装置を構成することで、明るく高画質な映像を提供できる。本発明の投写レンズは、特にフロント式二体型の投写型表示装置に用いるといよ。

【0035】

【実施例】以下、本発明の投写レンズと投写型表示装置について、具体的な実施例を述べる。

【0036】(図3)は、本発明の投写型表示装置の一実施例を示す構成図である。投写器21は、フロント二体型の液晶投写型表示装置であり、分離されたスクリーン40に観察者側から画像を投影する。

【0037】光源22は、赤外光と紫外光を取り除いた白色の照明光23を出力する。青透過のダイクロイックミラー24と赤反射のダイクロイックミラー25と平面ミラー26からなる色分解光学系により、R、G、Bの三原色の照明光が作られ、各照明光は、フィールドレンズ27、28、29を経て、液晶パネル30、31、32の有効表示領域を照明する。液晶パネル30、31、32は、アクティブマトリックス型ツイストネマチック液晶であり、入射側と出射側に偏光板(図示せず)を備える。外部から供給される映像信号に応じて、液晶パネル30、31、32の液晶層に三原色に対応した光学像が形成される。液晶層は、例えば液晶パネル30について出射側ガラス基板30aと入射側ガラス基板30bの間にある。

【0038】各光学像は、主レンズ群39と補助レンズ33、34、35からなる投写レンズによりスクリーン40上に拡大投影される。具体的に、変調された各照明

光は、補助レンズ33、34、35を経て、平面ミラー36と緑透過のダイクロイックミラー37と赤反射のダイクロイックミラー38からなる色合成光学系に入射する。これにより、各照明光の光路が合成され、フルカラーの投写画像を得る。フィールドレンズ27、28、29は、各照明光を投写レンズの入射瞳41上に有効に導くために用いる。

【0039】(図3)に示した投写型表示装置は、主レンズ群39と補助レンズ33、34、35として、以下に述べる本発明の投写レンズを用いることにより、明るく高精細で表示均一性に優れた高画質の投写画像を得ることができる。ただし、ライトバルブは特に上記液晶パネルを用いる必要はない。他の方式の液晶パネルや電気光学結晶を用いるものなど、空間的に光を変調できる透過型のものであれば利用できる。投写器の構成も、特に(図3)の構成に限定されない。例えば、光源と3枚のライトバルブと投写レンズの相対関係が、(図45)に示した従来例の構成であっても構わない。

【0040】(図3)に示した投写型表示装置の一構成例について、具体的な一数値例を示す。液晶パネルは、有効表示領域の対角長が3.5インチで、アスペクト比16:9のハイビジョン対応のものを用いる。画素数は、縦1024ドット、横1440ドットであり、画素ピッチは、縦方向が約43μm、横方向が約54μmである。(図3)において、液晶パネルの縦方向と紙面に沿った方向を一致させる。ただし、液晶パネルの垂直表示方向を縦方向、水平表示方向を横方向、と表す。対角100インチの投写画像を得るときの投写距離(スクリーン40の中心P0から主レンズ群39の先端P1までの距離)は、約3.5mとする。明るい投写画像を得るために、液晶パネル上の光学像を光軸に対して±8~9度の角度範囲の光により照明する。この場合、光学像からは、入射光と同一の角度範囲の光が出射する。

【0041】上記数値例の投写型表示装置を用いて高画質映像を得るために、本発明の投写レンズは、例えば以下の仕様を満たせばよい。所定の投写距離を得るために、投写レンズの半画角は約20度あればよい。光学像から出射する光を損失なくスクリーンに到達させるために、Fナンバーは約3.2~3.5であればよい。色合成光学系を構成するミラーを配置するために、主レンズ群39の後端P2から補助レンズ33の先端P3までの空気間隔は210mmあればよい。これは、他の補助レンズ34、35についても同様である。解像性能は、液晶パネルの縦方向の画素ピッチが約43μmなので、1.2[ラインペア/mm] (以下、[l.p./mm]と記す)の白と黒の周期パターンを拡大投影した場合に、スクリーン上で良好に解像できればよい。歪曲収差は、最大画角で1%程度であればあまり気にならず、0.5%以下であれば全く問題ない。開口効率は、最大画角で70%程度であっても周辺光量の低下はあまり気にならず、最大画角で9

0%程度あれば全く問題ない。全画角範囲で主光線が光軸に対して±2度以内であれば、テレセントリック性は良好であり、表示むらを十分に抑制できる。

【0042】以下、本発明の投写レンズの具体的な実施例を述べる。いずれの実施例も、上記仕様例にもとづいて十分な性能を得るように構成されており、上記一数値例の投写型表示装置に用いることができる。

【0043】(図4)は、本発明の投写レンズの第1の実施例を示す構成図である。全レンズ系を光軸Zを通る平面で切断した断面図であり、G1は第1レンズ群、G2は第2レンズ群、G3は第3レンズ群、G4は第4レンズ

(1)

Corresponding toFig. 4

		$f=126.531$	$F=3.5$	$\omega=19.4^\circ$	$m=-28.54$
G1		$r_1=+158.912$	$d_1=9.00$	$n_1=1.66152$	$\nu_1=50.6$
		$r_2=+385.202$	$d_2=0.20$		
		$r_3=+110.438$	$d_3=9.00$	$n_3=1.66152$	$\nu_3=50.6$
		$r_4=+181.336$	$d_4=0.20$		
		$r_5=+79.637$	$d_5=3.50$	$n_5=1.62409$	$\nu_5=36.1$
		$r_6=+40.142$	$d_6=34.00$		
G2	$r_7=\infty$	$d_7=2.40$	$n_7=1.64514$	$\nu_7=57.9$	
	$r_8=+40.203$	$d_8=10.00$	$n_8=1.79191$	$\nu_8=25.5$	
	$r_9=+108.382$	$d_9=64.00$			
G3	$r_{10}=-52.693$	$d_{10}=3.50$	$n_{10}=1.79191$	$\nu_{10}=25.5$	
	$r_{11}=+608.474$	$d_{11}=18.00$	$n_{11}=1.59143$	$\nu_{11}=61.0$	
	$r_{12}=-63.059$	$d_{12}=0.20$			
	$r_{13}=-289.732$	$d_{13}=9.00$	$n_{13}=1.66152$	$\nu_{13}=50.6$	
	$r_{14}=-101.908$	$d_{14}=0.20$			
	$r_{15}=+548.020$	$d_{15}=14.00$	$n_{15}=1.66152$	$\nu_{15}=50.6$	
	$r_{16}=-137.492$	$d_{16}=210.00$			
G4	$r_{17}=\infty$	$d_{17}=9.00$	$n_{17}=1.49383$	$\nu_{17}=57.2$	
	$r_{18}=-127.411^*$	$d_{18}=8.77$			
P	$r_{P1}=\infty$	$d_{P1}=2.20$	$n_P=1.51825$	$\nu_P=63.8$	
	$r_{P2}=\infty$				

非球面係数

$$K_{18}=+1.11756 \times 10^{-00}$$

$$AD_{18}=+1.24109 \times 10^{-08}$$

$$AE_{18}=-7.33614 \times 10^{-10}$$

$$AF_{18}=+3.12461 \times 10^{-13}$$

$$AG_{18}=-4.80286 \times 10^{-17}$$

$$f_{G1}/f = -4.321$$

$$f_{G3}/f = +0.921$$

$$d_{G1}/f = +0.269$$

$$d_{G3}/f = +1.660$$

$$f_{G4}/d_{G3} = +1.229$$

$$f_{G2}/f = -2.252$$

$$f_{G4}/f = +2.039$$

$$d_{G2}/f = +0.506$$

$$(d_{G1}+d_{G2})/f = +0.775$$

【0046】 f は全系の焦点距離、 F は F ナンバー、 ω はスクリーン側の半画角、 m は拡大倍率、 r_j は第 j 面の曲率半径、 d_j は第 j 面から第 $(j+1)$ 面までの面間隔、 n_i と ν_i は、それぞれ第 i レンズの e 線における屈折率とアッペ数である。 r_{P1} と r_{P2} は、液晶パネルの出射側ガラス基板の両面の曲率半径であり、 d_P は出射側ガラス基板の厚さ、 n_P と ν_P は、それぞれ出射側ガラス基板の e 線における屈折率とアッペ数である。第4レンズ群G4と出射側ガラス基板Pの面間隔 d_{18} は、所定の拡大倍率 m を得るときに、面 P_i がガウス像面となるような面間隔を示す。実際に画像を投影する場合には、

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネルの出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u_3 は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0044】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

【0045】

【表1】

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0044】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0045】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0046】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0047】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0048】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0049】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0050】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0051】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0052】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0053】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0054】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0055】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0056】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0057】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であり、瞳の最縁部を通過して F ナンバーを決定する。光線 u 3は最大画角点における軸外主光線である。 A は絞りであり、軸上光線 u_1 と u_2 および軸外下光線を規制する。

【0058】レンズ系の具体的な数値を(表1)に示す。

群、である。 L_i は第 i レンズを示し、 P は液晶パネル

の出射側ガラス基板である。投影される光学像は、ガラ

ス基板 P の投写レンズとは反対側の面 P_i に形成される。光線 u_1 と光線 u_2 は軸上上光線と軸上下光線であ

$$S = \frac{h^2 / r_j}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_j) \cdot (h / r_j)^2}} + T$$

$$\text{ただし, } T = AD_j \cdot h^4 + AE_j \cdot h^8 + AF_j \cdot h^8 + AG_j \cdot h^{10}$$

【0048】第1レンズL1はスクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、第2レンズL2はスクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、第3レンズL3はスクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、第4レンズL4はスクリーン側に曲率の弱い面を向けた負レンズ、第5レンズL5はスクリーン側に曲率の強い面を向けた正レンズ、第6レンズL6は両凹レンズ、第7レンズL7は両凸レンズ、第8レンズL8はスクリーン側に凹面を向けた正メニスカスレンズ、第9レンズL9は両凸レンズ、第10レンズL10はスクリーン側に平面を向けた平凸レンズ、である。第4レンズL4と第5レンズL5、第6レンズL6と第7レンズL7、は各々接合し、第10レンズL10の第18面は非球面である。

【0049】第1レンズ群G1は負パワーであり、第1レンズL1から第3レンズL3までの3枚のレンズで構成される。第2レンズ群G2は負パワーであり、第4レンズL4と第5レンズL5の2枚のレンズで構成される。第3レンズ群G3は正パワーであり、第6レンズL6から第9レンズL9までの4枚のレンズで構成される。第4レンズ群G4は正パワーであり、第10レンズL10で構成される。第1レンズ群G1と第2レンズ群G2が負パワーの前群を、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4が正パワーの後群を形成し、レトロフォーカス型レンズを基本構成としている。第1レンズ群G1から第3レンズ群G3までの系を主レンズ群、第4レンズ群G4を補助レンズと呼ぶ。各レンズ群の間には、比較的長い空気間隔を設けている。特に、色合成光学系を配置するために、主レンズ群と補助レンズの間に210mmの空気間隔を設けている。

【0050】焦点距離は約127mmであり、約3.5mの投写距離で対角3.5インチの光学像を対角100インチの投写画像として拡大投影できる。F値は3.5であり、液晶パネル側の軸上点で光軸に対して±8.2度の範囲の光を集光できる。テレセントリック性は、全画角範囲で±1.5度以内である。代表的な収差図を(図5)に、開口効率を(図6)に示す。良好な収差補正を実現すると共に、全画角範囲内で高い開口効率を維持している。歪曲収差は、最大画角で約1%である。

【0051】解像性能の指標として、MTF特性図を(図7)に示す。ただし、全ての画角範囲内で平均的に良好な解像を得るように、液晶パネル面を適度にスクリーン側にデフォーカスしている。高い方から、4[1.p./mm]、8[1.p./mm]、12[1.p./mm]、の周期パターンを拡大投影した場合の変調度であり、実線はサジタル方向に変化する周期パターンに対する特性を、破線

はメリジオナル方向に変化する周期パターンに対する特性を示す。全画角範囲内で、上記一数値例の液晶パネルの一画素を十分に解像できる性能を得ている。

【0052】一般に、レトロフォーカス型レンズは、前群と後群のいずれもが、軸外主光線に対して負の方向に収差を発生しやすく、歪曲収差と倍率色収差の補正が容易でないことが知られている。本実施例の投写レンズは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2が負パワーを分担することで、歪曲収差の補正を有利にしている。第1レンズ群G1は、スクリーン側から正正負のレンズ構成であり、第1レンズL1と第2レンズL2の2枚の正レンズが正の歪曲収差を発生させ、系全体の負の歪曲収差を抑制している。第3レンズ群G3は、絞りAに近い第7レンズL7の正パワーを第8レンズL8と第9レンズL9よりも強くし、後群で発生する負の歪曲収差を抑制している。

【0053】また、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3に接合レンズを用いており、2つの接合面のバランスを調整することにより、軸上色収差と倍率色収差を良好に補正している。特に、第2レンズ群G2を正レンズと負レンズで構成し、正レンズのアッペ数を負レンズのアッペ数よりも小さくしているが、これにより、第2レンズ群G2が第1レンズ群G1で発生する色収差の大半を補正する。第2レンズ群G2の2枚のレンズを接合すれば光学界面を減らすことができ、不要反射を低減させて光線透過率を増すことができる。

【0054】第1レンズ群G1において、軸上光線u1とu2は光軸近傍を通過するのに対し、軸外主光線u3は光軸から離れた周辺部を通過する。従って、スクリーン側から順に正レンズと負レンズを組み合わせて第1レンズ群G1を構成すれば、軸外光線に対して特に選択的に収差補正を行なうことができる。そのため、第1レンズL1と第2レンズL2の2枚の正レンズを用い、各々が分担して軸外収差を良好に補正している。

【0055】第3レンズ群G3は、スクリーン側から負正正のレンズ構成であり、第6レンズL6と第7レンズL7からなる接合レンズと第8レンズL8は、スクリーン側に凹面を向けたメニスカスレンズである。そのため、第3レンズ群G3の主点をできるだけ液晶パネル側に位置させることができ、主レンズ群のバックフォーカスを長くする上で有利となる。また、主レンズ群のレンズ構成が絞りAを挟んで対称に近くなるように、第1レンズ群G1と第3レンズ群G3を構成している。これは、軸外光線に到るまで諸収差を良好に補正する上で有利となる。特に、第3レンズ群G3を4枚のレンズ構成とす

れば、全系の諸収差をバランス良く補正できる。

【0056】第4レンズ群G4の全長が長いと色合成光学系を配置する空間をより大きくする必要があるので、第4レンズ群G4は1枚の平凸レンズから構成している。鏡筒への取り付け精度を良くするために、スクリーン側に平面を向けるとよい。第4レンズ群G4は、テレンセントリック性の高い軸外主光線u3を収束光に変換し、主レンズ群に導いている。従って、第9レンズL9の有効径をあまり大きくすることなく、良好なテレンセントリック性と、小さいFナンバーを実現できる。また、第10レンズL10の第18面を非球面とし、テレンセントリック性をより良好にしている。同時に、主レンズ群で発生する歪曲収差を打ち消す方向に歪曲収差を発生させ、系全体の歪曲収差を抑制している。さらに、系全体の非点隔差と像面湾曲を補正し、画面の全領域で良好な解像性能を得ている。このレンズは、量産性を確保するために、アクリル樹脂を用いて成型加工により製作するとい。

【0057】以下、本発明の投写レンズのその他の実施

(2)

Corresponding to

Fig. 8

$f=126.525$	$F=3.2$	$w=19.5^\circ$	$m=-28.57$	
G1	$r_1=+141.973$ $r_2=+368.555$ $r_3=+95.426$ $r_4=+155.857$ $r_5=+79.770$ $r_6=+38.347$	$d_1=9.00$ $d_2=0.20$ $d_3=9.00$ $d_4=0.20$ $d_5=3.30$ $d_6=32.00$	$n_1=1.59143$ $n_2=1.66152$ $n_3=1.62409$ $n_4=1.64514$ $n_5=1.79191$ $n_6=1.49383$	$v_1=61.0$ $v_2=50.6$ $v_3=36.1$ $v_4=57.9$ $v_5=25.5$ $v_6=57.2$
G2	$r_7=\infty$ $r_8=+36.861$ $r_9=+101.866$	$d_7=2.40$ $d_8=10.00$ $d_9=64.00$	$n_7=1.64514$ $n_8=1.79191$ $n_9=1.49383$	$v_7=57.9$ $v_8=25.5$ $v_9=57.2$
G3	$r_{10}=-51.908$ $r_{11}=+591.439$ $r_{12}=-60.896$ $r_{13}=-291.365$ $r_{14}=-100.311$ $r_{15}=+580.444$ $r_{16}=-132.536$	$d_{10}=3.50$ $d_{11}=15.00$ $d_{12}=0.20$ $d_{13}=12.00$ $d_{14}=0.20$ $d_{15}=14.00$ $d_{16}=21.00$	$n_{10}=1.79191$ $n_{11}=1.59143$ $n_{12}=61.0$ $n_{13}=1.66152$ $n_{14}=1.66152$ $n_{15}=1.66152$ $n_{16}=50.6$	$v_{10}=25.5$ $v_{11}=61.0$ $v_{12}=50.6$ $v_{13}=50.6$ $v_{14}=50.6$ $v_{15}=50.6$ $v_{16}=50.6$
G4	$r_{17}=\infty$ $r_{18}=-118.356^*$	$d_{17}=9.00$ $d_{18}=8.81$	$n_{17}=1.49383$ $n_{18}=1.51825$	$v_{17}=57.2$ $v_{18}=63.8$
P	$r_{p1}=\infty$ $r_{p2}=\infty$	$d_p=220$	$n_p=1.51825$	$v_p=63.8$

非球面係数

$$\begin{aligned}
 K_{18} &= +2.27050 \times 10^{-01} \\
 AD_{18} &= +1.63319 \times 10^{-06} \quad AE_{18} = -9.83704 \times 10^{-10} \\
 AF_{18} &= +3.80870 \times 10^{-13} \quad AG_{18} = -5.49015 \times 10^{-17}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{G1}/f &= -4.048 & f_{G2}/f &= -2.182 \\
 f_{G3}/f &= +0.913 & f_{G4}/f &= +1.895 \\
 d_{G1}/f &= +0.253 & d_{G2}/f &= +0.506 \\
 d_{G3}/f &= +1.660 & (d_{G1} + d_{G2})/f &= +0.759 \\
 f_{G4}/d_{G3} &= +1.142
 \end{aligned}$$

【0059】

【表3】

例について述べる。第2の実施例について、(図8)に(図4)と同様のレンズ断面図を、(表2)に(表1)と同様のレンズ系の具体的な数値を、(図9)に(図5)と同様の収差図を、(図10)に(図6)と同様の開口効率を、(図11)に(図7)と同様のMTF特性図を、それぞれ示す。同様に、第3の実施例について(図12)～(図15)と(表3)に、第4の実施例について(図16)～(図19)と(表4)に、第5の実施例について(図20)～(図23)と(表5)に、第6の実施例について(図24)～(図27)と(表6)に、第7の実施例について(図28)～(図31)と(表7)に、第8の実施例について(図32)～(図35)と(表8)に、第9の実施例について(図36)～(図39)と(表9)に、第10の実施例について(図40)～(図43)と(表10)に、レンズ断面図、収差図、開口効率、MTF特性図、レンズ系の具体的な数値を、それぞれ示す。

【0058】

【表2】

(3)

Corresponding ToFig. 12

$$f=126.253 \quad F=3.5 \quad \omega=19.5^\circ \quad m=-28.57$$

$$G1 \left[\begin{array}{llll} r_1=+173.394 & d_1= 9.00 & n_1=1.59143 & \nu_1=61.0 \\ r_2=+526.171 & d_2= 0.20 & & \\ r_3=+122.491 & d_3= 9.00 & n_3=1.59143 & \nu_3=61.0 \\ r_4=+181.470 & d_4= 0.20 & & \\ r_5= +83.974 & d_5= 3.50 & n_5=1.69416 & \nu_5=30.9 \\ r_6= +43.362 & d_6=34.00 & & \end{array} \right]$$

$$G2 \left[\begin{array}{llll} r_7= \infty & d_7= 2.40 & n_7=1.64514 & \nu_7=57.9 \\ r_8= +40.733 & d_8=12.00 & n_8=1.81264 & \nu_8=25.3 \\ r_9=+156.973 & d_9=62.00 & & \end{array} \right]$$

$$G3 \left[\begin{array}{llll} r_{10}=-47.843 & d_{10}= 3.50 & n_{10}=1.81264 & \nu_{10}=25.3 \\ r_{11}=+410.510 & d_{11}=18.00 & n_{11}=1.59143 & \nu_{11}=61.0 \\ r_{12}= -65.637 & d_{12}= 0.20 & & \\ r_{13}=-158.829 & d_{13}= 9.00 & n_{13}=1.72342 & \nu_{13}=50.1 \\ r_{14}= -85.577 & d_{14}= 0.20 & & \\ r_{15}=+652.292 & d_{15}=14.00 & n_{15}=1.77621 & \nu_{15}=49.4 \\ r_{16}=-130.461 & d_{16}=210.00 & & \end{array} \right]$$

$$G4 \left[\begin{array}{llll} r_{17}= \infty & d_{17}= 9.00 & n_{17}=1.49383 & \nu_{17}=57.2 \\ r_{18}=-128.362^* & d_{18}= 8.79 & & \end{array} \right]$$

$$P \left[\begin{array}{llll} r_{p1}= \infty & d_p= 2.20 & n_p=1.51825 & \nu_p=63.8 \\ r_{p2}= \infty & & & \end{array} \right]$$

非球面係数

$$K_{18}=+8.12645 \times 10^{-01}$$

$$AD_{18}=+1.15398 \times 10^{-06} \quad AE_{18}=-5.875824 \times 10^{-10}$$

$$AF_{18}=+2.25848 \times 10^{-13} \quad AG_{18}=-3.23147 \times 10^{-17}$$

$$fG_1/f=-2.724$$

$$fG_2/f=-8.538$$

$$fG_3/f=+0.975$$

$$fG_4/f=+2.059$$

$$dG_1/f=+0.269$$

$$dG_2/f=+0.491$$

$$dG_3/f=+1.663$$

$$(dG_1+dG_2)/f=+0.760$$

$$fG_4/dG_3=+1.238$$

【0060】

【表4】

④

Corresponding toFig. 1b

$$f=126.599 \quad F=3.5 \quad \omega=19.4^\circ \quad m=-28.55$$

$$G1 \left[\begin{array}{llll} r_1=+134.048 & d_1= 9.00 & n_1=1.68082 & \nu_1=55.2 \\ r_2=+289.993 & d_2= 0.20 & & \\ r_3= +93.190 & d_3= 9.00 & n_3=1.64514 & \nu_3=57.9 \\ r_4=+169.335 & d_4= 0.20 & & \\ r_5= +75.213 & d_5= 3.50 & n_5=1.67340 & \nu_5=46.9 \\ r_6= +38.170 & d_6= 41.01 & & \end{array} \right]$$

$$G2 \left[\begin{array}{llll} r_7= \infty & d_7= 2.40 & n_7=1.64514 & \nu_7=57.9 \\ r_8= +40.008 & d_8= 10.00 & n_8=1.79191 & \nu_8=25.5 \\ r_9= +80.912 & d_9= 56.99 & & \end{array} \right]$$

$$G3 \left[\begin{array}{llll} r_{10}= -75.784 & d_{10}= 3.50 & n_{10}=1.79191 & \nu_{10}=25.5 \\ r_{11}=+270.576 & d_{11}=18.00 & n_{11}=1.59143 & \nu_{11}=61.0 \\ r_{12}= -76.004 & d_{12}= 0.20 & & \\ r_{13}= -494.723 & d_{13}= 9.00 & n_{13}=1.68082 & \nu_{13}=55.2 \\ r_{14}= -129.024 & d_{14}= 0.20 & & \\ r_{15}= +687.175 & d_{15}= 14.00 & n_{15}=1.62554 & \nu_{15}=57.9 \\ r_{16}= -120.206 & d_{16}= 210.00 & & \end{array} \right]$$

$$G4 \left[\begin{array}{llll} r_{17}= \infty & d_{17}= 9.00 & n_{17}=1.49383 & \nu_{17}=57.2 \\ r_{18}= -128.643^* & d_{18}= 8.82 & & \end{array} \right]$$

$$P \left[\begin{array}{llll} r_{p1}= \infty & d_p= 2.20 & n_p=1.51825 & \nu_p=63.8 \\ r_{p2}= \infty & & & \end{array} \right]$$

非球面係数

$$K_{18}=+1.59177 \times 10^{-00}$$

$$AD_{18}=+1.33252 \times 10^{-06} \quad AE_{18}=-8.21643 \times 10^{-10}$$

$$AF_{18}=+343432 \times 10^{-13} \quad AG_{18}=-506191 \times 10^{-17}$$

$$f_{G1}/f=-5.493 \quad f_{G2}/f=-1.334$$

$$f_{G3}/f=+0.850 \quad f_{G4}/f=+2.058$$

$$d_{G1}/f=+0.324 \quad d_{G2}/f=+0.450$$

$$d_{G3}/f=+1.659 \quad (d_{G1}+d_{G2})/f=+0.774$$

$$f_{G4}/d_{G3}=+1.241$$

【0061】

【表5】

$$f=127.208 \quad F=3.5 \quad \omega=19.4^\circ \quad m=-28.57$$

(5)

Corresponding toFig. 20

$$G_1 \left[\begin{array}{llll} r_1=+211.357 & d_1=10.00 & n_1=1.66152 & \nu_1=50.6 \\ r_2=+544.889 & d_2=0.20 & & \\ r_3=+135.587 & d_3=9.00 & n_3=1.66152 & \nu_3=50.6 \\ r_4=+149.167 & d_4=0.20 & & \\ r_5=+90.008 & d_5=4.50 & n_5=1.70557 & \nu_5=41.0 \\ r_6=+57.887 & d_6=54.00 & & \end{array} \right]$$

$$G_2 \left[\begin{array}{llll} r_7=\infty & d_7=2.40 & n_7=1.64514 & \nu_7=57.9 \\ r_8=+51.770 & d_8=10.00 & n_8=1.79191 & \nu_8=25.5 \\ r_9=+146.212 & d_9=76.00 & & \end{array} \right]$$

$$G_3 \left[\begin{array}{llll} r_{10}=-51.984 & d_{10}=3.50 & n_{10}=1.79191 & \nu_{10}=25.5 \\ r_{11}=+570.459 & d_{11}=21.00 & n_{11}=1.59143 & \nu_{11}=61.0 \\ r_{12}=-67.890 & d_{12}=0.20 & & \\ r_{13}=-481.632 & d_{13}=16.00 & n_{13}=1.72342 & \nu_{13}=50.1 \\ r_{14}=-118.206 & d_{14}=0.20 & & \\ r_{15}=+417.620 & d_{15}=18.00 & n_{15}=1.66152 & \nu_{15}=50.6 \\ r_{16}=-182.996 & d_{16}=210.00 & & \end{array} \right]$$

$$G_4 \left[\begin{array}{llll} r_{17}=\infty & d_{17}=9.00 & n_{17}=1.49383 & \nu_{17}=57.2 \\ r_{18}=-157.993^* & d_{18}=8.80 & & \end{array} \right]$$

$$P \left[\begin{array}{llll} r_{p1}=\infty & d_{p1}=2.20 & n_p=1.51825 & \nu_p=63.8 \\ r_{p2}=\infty & & & \end{array} \right]$$

非球面係数

$$K_{18}=+3.59545 \times 10^{+00}$$

$$AD_{18}=+1.85992 \times 10^{-06} \quad AE_{18}=-9.54590 \times 10^{-10}$$

$$AF_{18}=+3.48490 \times 10^{-13} \quad AG_{18}=-4.30756 \times 10^{-17}$$

$$f_{G1}/f=-6.290 \quad f_{G2}/f=-3.147$$

$$f_{G3}/f=+0.998 \quad f_{G4}/f=+2.516$$

$$d_{G1}/f=+0.425 \quad d_{G2}/f=+0.597$$

$$d_{G3}/f=+1.651 \quad (d_{G1}+d_{G2})/f=+1.022$$

$$f_{G4}/d_{G3}=+1.524$$

【0062】

【表6】

(6)

Corresponding toFig. 24

$$f=126.199 \quad F=3.5 \quad \omega=19.6^\circ \quad m=-28.57$$

$$G1 \left[\begin{array}{llllll} r_1=+265.215 & d_1= 9.00 & n_1=1.66152 & \nu_1=50.6 \\ r_2=+361.315 & d_2= 0.20 & & \\ r_3= +86.891 & d_3= 9.00 & n_3=1.66152 & \nu_3=50.6 \\ r_4=+179.579 & d_4= 0.20 & & \\ r_5= +90.108 & d_5= 3.50 & n_5=1.62409 & \nu_5=36.1 \\ r_6= +38.831 & d_6=32.00 & & \end{array} \right]$$

$$G2 \left[\begin{array}{llllll} r_7= \infty & d_7= 2.40 & n_7=1.64514 & \nu_7=57.9 \\ r_8= +35.516 & d_8=13.00 & n_8=1.79191 & \nu_8=25.5 \\ r_9=+151.804 & d_9=40.00 & & \end{array} \right]$$

$$G3 \left[\begin{array}{llllll} r_{10}= -44.095 & d_{10}= 3.50 & n_{10}=1.79191 & \nu_{10}=25.5 \\ r_{11}=+194.912 & d_{11}=18.00 & n_{11}=1.51825 & \nu_{11}=63.8 \\ r_{12}= -53.135 & d_{12}= 0.20 & & \\ r_{13}= -333.010 & d_{13}= 9.00 & n_{13}=1.66152 & \nu_{13}=50.6 \\ r_{14}= -111.622 & d_{14}= 0.20 & & \\ r_{15}= +571.035 & d_{15}=15.00 & n_{15}=1.64128 & \nu_{15}=55.2 \\ r_{16}= -95.519 & d_{16}=21.000 & & \end{array} \right]$$

$$G4 \left[\begin{array}{llllll} r_{17}= \infty & d_{17}=11.00 & n_{17}=1.49383 & \nu_{17}=57.2 \\ r_{18}= -101.192^* & d_{18}= 8.80 & & \end{array} \right]$$

$$P \left[\begin{array}{llllll} r_{p1}= \infty & d_p= 2.20 & n_p=1.51825 & \nu_p=63.8 \\ r_{p2}= \infty & & & \end{array} \right]$$

非球面係数

$$K_{18}=-7.62800 \times 10^{-00}$$

$$AD_{18}=+1.37303 \times 10^{-06} \quad AE_{18}=-1.00268 \times 10^{-09}$$

$$AF_{18}=+3.74389 \times 10^{-13} \quad AG_{18}=-5.24542 \times 10^{-17}$$

$$f_{G1}/f=-2.272$$

$$f_{G2}/f=-8.497$$

$$f_{G3}/f=+0.923$$

$$f_{G4}/f=+1.624$$

$$d_{G1}/f=+0.254$$

$$d_{G2}/f=+0.317$$

$$d_{G3}/f=+1.664$$

$$(d_{G1}+d_{G2})/f=+0.571$$

$$f_{G4}/d_{G3}=+0.976$$

【0063】

【表7】

$$f=127.080 \quad F=3.5 \quad \omega=19.4^\circ \quad m=-28.57$$

⑦

$$G_1 \left[\begin{array}{llll} r_1=+88.935 & d_1=15.00 & n_1=1.66152 & \nu_1=50.6 \\ r_2=+247.991 & d_2=0.20 & & \\ r_3=+94.308 & d_3=5.00 & n_3=1.67340 & \nu_3=46.9 \\ r_4=+74.637 & d_4=4.50 & & \\ r_5=+105.492 & d_5=6.00 & n_5=1.66152 & \nu_5=50.6 \\ r_6=+44.704 & d_6=31.82 & & \end{array} \right]$$

Corresponding to $G_2 \left[\begin{array}{llll} r_7=\infty & d_7=2.40 & n_7=1.64514 & \nu_7=57.9 \\ r_8=+66.827 & d_8=10.00 & n_8=1.79191 & \nu_8=25.5 \\ r_9=+226.143 & d_9=71.18 & & \end{array} \right]$

Fig. 28

$$G_3 \left[\begin{array}{llll} r_{10}=-52.515 & d_{10}=3.50 & n_{10}=1.79191 & \nu_{10}=25.5 \\ r_{11}=-1004.967 & d_{11}=18.00 & n_{11}=1.59143 & \nu_{11}=61.0 \\ r_{12}=-61.451 & d_{12}=0.20 & & \\ r_{13}=-343.765 & d_{13}=12.00 & n_{13}=1.66152 & \nu_{13}=50.6 \\ r_{14}=-97.033 & d_{14}=0.20 & & \\ r_{15}=+423.049 & d_{15}=14.00 & n_{15}=1.66152 & \nu_{15}=50.6 \\ r_{16}=-227.045 & d_{16}=210.00 & & \end{array} \right]$$

$$G_4 \left[\begin{array}{llll} r_{17}=\infty & d_{17}=9.00 & n_{17}=1.49383 & \nu_{17}=57.2 \\ r_{18}=-118.005^* & d_{18}=8.80 & & \end{array} \right]$$

$$P \left[\begin{array}{llll} r_{p1}=\infty & d_p=2.20 & n_p=1.51825 & \nu_p=63.8 \\ r_{p2}=\infty & & & \end{array} \right]$$

非球面係数

$$K_{18}=-6.30357 \times 10^{-6}$$

$$AD_{18}=+1.34160 \times 10^{-6} \quad AE_{18}=-9.85483 \times 10^{-10}$$

$$AF_{18}=+3.79327 \times 10^{-13} \quad AG_{18}=-5.46397 \times 10^{-17}$$

$$f_{G1}/f=-2.233 \quad f_{G2}/f=-6.222$$

$$f_{G3}/f=+0.957 \quad f_{G4}/f=+1.881$$

$$d_{G1}/f=+0.250 \quad d_{G2}/f=+0.560$$

$$d_{G3}/f=+1.653 \quad (d_{G1}+d_{G2})/f=+0.811$$

$$f_{G4}/d_{G3}=+1.138$$

【0064】

【表8】

$$f=126.951 \quad F=3.5 \quad \omega=19.3^\circ \quad m=-28.56$$

(8)

Corresponding toFig. 32

$$G_1 \left[\begin{array}{llll} r_1=+101.253 & d_1=15.00 & n_1=1.67340 & \nu_1=46.9 \\ r_2=+268.606 & d_2=0.20 & & \\ r_3=+62.663 & d_3=7.00 & n_3=1.59143 & \nu_3=61.0 \\ r_4=+47.785 & d_4=14.00 & & \\ r_5=+95.137 & d_5=3.50 & n_5=1.64514 & \nu_5=57.9 \\ r_6=+44.915 & d_6=38.70 & & \end{array} \right]$$

$$G_2 \left[\begin{array}{llll} r_7=\infty & d_7=10.00 & n_7=1.79191 & \nu_7=25.5 \\ r_8=-127.316 & d_8=3.50 & n_8=1.64514 & \nu_8=57.9 \\ r_9=+236.337 & d_9=61.00 & & \end{array} \right]$$

$$G_3 \left[\begin{array}{llll} r_{10}=-63.622 & d_{10}=3.50 & n_{10}=1.79191 & \nu_{10}=25.5 \\ r_{11}=-2601.129 & d_{11}=18.00 & n_{11}=1.51825 & \nu_{11}=63.8 \\ r_{12}=-65.794 & d_{12}=0.20 & & \\ r_{13}=-504.215 & d_{13}=13.00 & n_{13}=1.64514 & \nu_{13}=57.9 \\ r_{14}=-89.985 & d_{14}=0.20 & & \\ r_{15}=+375.660 & d_{15}=14.00 & n_{15}=1.69661 & \nu_{15}=53.1 \\ r_{16}=-371.238 & d_{16}=210.00 & & \end{array} \right]$$

$$G_4 \left[\begin{array}{llll} r_{17}=\infty & d_{17}=9.00 & n_{17}=1.49383 & \nu_{17}=57.2 \\ r_{18}=-148.116^* & d_{18}=8.80 & & \end{array} \right]$$

$$P \left[\begin{array}{llll} r_{p1}=\infty & d_p=2.20 & n_p=1.51825 & \nu_p=63.8 \\ r_{p2}=\infty & & & \end{array} \right]$$

非球面系数

$$K_{18}=+1.12188 \times 10^{-00}$$

$$AD_{18}=+6.93043 \times 10^{-07} \quad AE_{18}=-4.08949 \times 10^{-10}$$

$$AF_{18}=+2.05698 \times 10^{-13} \quad AG_{18}=-3.42294 \times 10^{-17}$$

$$f_{G1}/f=-1.993 \quad f_{G2}/f=-5.012$$

$$f_{G3}/f=+0.933 \quad f_{G4}/f=+2.363$$

$$d_{G1}/f=+0.305 \quad d_{G2}/f=+0.481$$

$$d_{G3}/f=+1.654 \quad (d_{G1}+d_{G2})/f=+0.785$$

$$f_{G4}/d_{G3}=+1.429$$

【0065】

【表9】

$$f=126.455 \quad F=3.5 \quad \omega=19.4^\circ \quad m=-28.57$$

$$G1 \left[\begin{array}{llllll} r1=+166.270 & d1= 9.00 & n1=1.66152 & \nu_1=50.6 \\ r2=+492.883 & d2= 0.20 & & \\ r3=+118.023 & d3= 9.00 & n3=1.66152 & \nu_3=50.6 \\ r4=+193.702 & d4= 0.20 & & \\ r5= +78.942 & d5= 3.50 & n5=1.62409 & \nu_5=36.1 \\ r6= +39.673 & d6=34.00 & & \end{array} \right]$$

(9)

Corresponding toFig. 36

$$G2 \left[\begin{array}{llllll} r7= \infty & d7= 2.40 & n7=1.64514 & \nu_7=57.9 \\ r8= +39.747 & d8=10.00 & n8=1.79191 & \nu_8=25.5 \\ r9=+111.034 & d9=64.00 & & \end{array} \right]$$

$$G3 \left[\begin{array}{llllll} r0= -52.869 & d0= 3.50 & n0=1.79191 & \nu_0=25.5 \\ r11=+510.769 & d11=18.00 & n11=1.59143 & \nu_{11}=61.0 \\ r12= -63.517 & d12= 0.20 & & \\ r13=-292.591 & d13= 9.00 & n13=1.66152 & \nu_{13}=50.6 \\ r14=-101.162 & d14= 0.20 & & \\ r15=+645.164 & d15=14.00 & n15=1.66152 & \nu_{15}=50.6 \\ r16=-133.530* & d16=210.00 & & \end{array} \right]$$

$$G4 \left[\begin{array}{llllll} r7= \infty & d7= 9.00 & n7=1.49383 & \nu_7=57.2 \\ r8= -123.515* & d8= 8.80 & & \end{array} \right]$$

$$P \left[\begin{array}{llll} rP1= \infty & dP= 220 & nP=1.51825 & \nu_P=63.8 \\ rP2= \infty & & & \end{array} \right]$$

非球面係数

$$\begin{aligned} K_{16} &= -6.08870 \times 10^{-02} & AD_{16} &= -4.37241 \times 10^{-09} \\ AE_{16} &= +7.50338 \times 10^{-12} & AF_{16} &= -6.35241 \times 10^{-15} \\ AG_{16} &= +1.49248 \times 10^{-18} & K_{18} &= +1.52820 \times 10^{-01} \\ AD_{18} &= +1.36837 \times 10^{-06} & AE_{18} &= -7.96479 \times 10^{-10} \\ AF_{18} &= +3.06999 \times 10^{-13} & AG_{18} &= -4.43270 \times 10^{-17} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{G1}/f &= -4.113 & f_{G2}/f &= -2.399 \\ f_{G3}/f &= +0.927 & f_{G4}/f &= +1.978 \\ d_{G1}/f &= +0.269 & d_{G2}/f &= +0.506 \\ d_{G3}/f &= +1.661 & (d_{G1}+d_{G2})/f &= +0.775 \\ f_{G4}/d_{G3} &= +1.191 & & \end{aligned}$$

【0066】

【表10】

(10)

Corresponding toFig. 40

	$f=126.585$	$F=3.5$	$\omega=19.4^\circ$	$m=-28.57$
G1	$r_1=+160.909^*$	$d_1= 9.00$	$n_1=1.66152$	$\nu_1=50.6$
	$r_2=+476.438$	$d_2= 0.20$		
	$r_3=+115.243$	$d_3= 9.00$	$n_3=1.66152$	$\nu_3=50.6$
	$r_4=+197.086$	$d_4= 0.20$		
	$r_5= +82.085$	$d_5= 3.50$	$n_5=1.62409$	$\nu_5=36.1$
	$r_6= +40.010$	$d_6=34.00$		
G2	$r_7= \infty$	$d_7= 2.40$	$n_7=1.64514$	$\nu_7=57.9$
	$r_8= +40.011$	$d_8=10.00$	$n_8=1.79191$	$\nu_8=25.5$
	$r_9=+107.502$	$d_9=64.00$		
G3	$r_{10}= -52.935$	$d_{10}= 3.50$	$n_{10}=1.79191$	$\nu_{10}=25.5$
	$r_{11}=+614.046$	$d_{11}=18.00$	$n_{11}=1.59143$	$\nu_{11}=61.0$
	$r_{12}= -62.940$	$d_{12}= 0.20$		
	$r_{13}= -285.036$	$d_{13}= 9.00$	$n_{13}=1.66152$	$\nu_{13}=50.6$
	$r_{14}= -102.053$	$d_{14}= 0.20$		
	$r_{15}= +565.676$	$d_{15}=14.00$	$n_{15}=1.66152$	$\nu_{15}=50.6$
G4	$r_{16}= -136.798$	$d_{16}=210.00$		
	$r_{17}= \infty$	$d_{17}= 9.00$	$n_{17}=1.49383$	$\nu_{17}=57.2$
	$r_{18}= -118.228^*$	$d_{18}= 8.50$		
P	$r_{p1}= \infty$	$d_p= 2.20$	$n_p=1.51825$	$\nu_p=63.8$
$r_{p2}= \infty$				

非球面係数

$$\begin{aligned}
 K_1 &= -2.01571 \times 10^{-01} & AD_1 &= 7.95334 \times 10^{-09} \\
 AE_1 &= +1.06857 \times 10^{-12} & AF_1 &= 4.08049 \times 10^{-16} \\
 AG_1 &= +8.36962 \times 10^{-20} & K_{18} &= +2.30110 \times 10^{-01} \\
 AD_{18} &= +1.46574 \times 10^{-06} & AE_{18} &= -7.99744 \times 10^{-10} \\
 AF_{18} &= +3.01354 \times 10^{-13} & AG_{18} &= -4.25180 \times 10^{-17}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{G1}/f &= -4.407 & f_{G2}/f &= -2.225 \\
 f_{G3}/f &= +0.921 & f_{G4}/f &= +1.892 \\
 d_{G1}/f &= +0.269 & d_{G2}/f &= +0.506 \\
 d_{G3}/f &= +1.659 & (d_{G1} + d_{G2})/f &= +0.774 \\
 f_{G4}/d_{G3} &= +1.140
 \end{aligned}$$

【0067】第2の実施例は、特に明るい投写画像を得るために、第1の実施例と同じレンズ構成のままFナンバーを3.2に小さくした場合の一実施例を示す。この場合、液晶パネル側の軸上点で光軸に対して±9度の範囲の光を集光できる。第1の実施例と比較して、画角の大きいところでの開口効率が低下しているが、十分な周辺光量を得ることのできるレベルである。Fナンバーを小さくしても諸収差は良好に補正されており、解像性能は十分に高い。

【0068】第3～第6の各実施例は、第1の実施例と同様のレンズ構成であり、各レンズ群のパワー配分や各レンズ群の空気間隔が異なる場合を示す。第3の実施例は第2レンズ群G2の負のパワーが比較的弱い場合の一実施例を、第4の実施例は第2レンズ群G2の負のパワーが比較的強い場合の一実施例を、それぞれ示す。第5の実施例は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の空気間隔dG1と、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の空気間隔dG2の各々が比較的大きく、主レンズ群のレンズ全長が長い場合の一実施例を示す。第1レンズ群G1の負のパワーは比較的弱い。第6の実施例は、上記空気間隔

dG1とdG2の各々が比較的小さく、主レンズ群のレンズ全長が短い場合の一実施例を示す。第1レンズ群G1の負のパワーと第4レンズ群G4の正のパワーは比較的強い。コンパクトな投写レンズを得ることができ、最大画角まで極めて高い開口効率を得ている。第3～第6のいずれの実施例も諸収差が良好に補正されており、十分に高い解像性能を得ている。

【0069】第7と第8の実施例は、第1の実施例のレンズ構成を基本とし、第1レンズ群G1を正負負のレンズ構成としている。具体的に、第1レンズ群G1は、スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3、から構成される。第1の実施例の2枚の正レンズL1とL2の機能を1枚の正メニスカスレンズL1に集約させ、第1の実施例の負レンズL3の機能を2枚の負メニスカスレンズL2とL3に分担させている。いずれも、第1レンズ群G1の負のパワーは比較的強い。特に、第8の実施例は、第2レンズ群G2を正負のレンズ構成としている。いずれの実施例も諸収差が良好に補正されており、

十分に高い解像性能を得ている。また、開口効率も十分に高い。

【0070】第9と第10の実施例は、第1の実施例と同様のレンズ構成の主レンズ群に非球面を導入し、歪曲収差を特に良好に抑制した場合の実施例を示す。第9の実施例は、第3レンズ群G3を構成する第9レンズL9の第16面を非球面とし、第10の実施例は、第1レンズ群G1を構成する第1レンズL1の第1面を非球面としている。いずれの実施例も、その他のレンズ性能を損なうことなく、最大画角における歪曲収差を0.5%以下に抑制している。このように、第1レンズ群G1あるいは第3レンズ群G3の少なくとも一方の光学面に非球面を導入すると、より歪曲収差を小さくできる。特に、主レ

ンズ群の最もスクリーンに近い側、あるいは、最もスクリーンから遠い側、に位置するレンズの一方の面を非球面にするとよい。

【0071】以上述べた第2～第10の各実施例の投写レンズは、全て±2度以下のテレセントリック性を実現している。従って、表示むらの少ない均一性の良好な投写画像を投影できる。ここで、第1～第10の各実施例について、(数5)～(数8)の条件式に用いたレンズ系の構成パラメータの具体的な数値を(表11)に示す。

【0072】

【表11】

	f_{G1} / f	f_{G2} / f	$(d_{G1} + d_{G2}) / f$	f_{G1} / d_{G3}
実施例1	-4.32	-2.25	+0.78	+1.23
実施例2	-4.05	-2.18	+0.76	+1.14
実施例3	-2.72	-8.54	+0.76	+1.24
実施例4	-5.49	-1.33	+0.77	+1.24
実施例5	-6.29	-3.15	+1.02	+1.52
実施例6	-2.27	-8.50	+0.57	+0.98
実施例7	-2.23	-6.22	+0.81	+1.14
実施例8	-1.99	-5.01	+0.79	+1.43
実施例9	-4.11	-2.40	+0.78	+1.19
実施例10	-4.41	-2.23	+0.77	+1.14

【0073】以上述べたように、本発明の投写レンズは(数5)～(数6)～(数7)の条件式を満たすように各レンズ群を構成することにより、色合成光学系を配置することのできる十分に大きなバックフォーカス比を実現した上で、優れた解像性能、小さいFナンバー、小さい歪曲収差、高い開口効率、といった多くの優れた特徴を有することができる。更に、(数8)の条件式を満たすように構成することにより、特に良好なテレセントリック性を得ることができる。従って、本発明の投写レンズは、ライトバルブ上の光学像を明るく高画質な映像としてスクリーン上に投影できる。

【0074】本発明の投写レンズの第1～第10の各実施例は、具体的に(図44)に示す構成として用いることができる。第1レンズ群G1と第2レンズ群G2と第3レンズ群G3を1つの鏡筒に納めて、主レンズ鏡筒51を構成する。主レンズ鏡筒51、3つの補助レンズ53と54と55、色合成用の2枚のダイクロイックミラー55と56、平面ミラー57、の各々を適当な支持体に固定し、これらを基準筐体52に取り付ける。こうすれば、第1レンズ群G1から補助レンズまでの光学系を精

度良く組み立てることができる。より精度良く光学系を組み立てるために、2つのダイクロイックミラー55、56と、平面ミラー57とは、各反射面が互いに平行となるように配置すればよい。3つの補助レンズ53、54、55の各々の光軸58、59、60が同一平面上にあるように各要素を配置し、特にこの平面と基準筐体52の基準面61とを平行にすると良い。基準筐体52自身を投写レンズとして扱い、例えば(図3)に示した本発明の投写型表示装置に用いると、精度の高い組み立てを簡便に行なうことができる利点がある。

【0075】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の投写レンズは、大きなバックフォーカス比、優れた解像性能、小さなFナンバー、といった優れた特徴を有する。従って、本発明の投写レンズを用いれば、ライトバルブ上の光学像を明るく高画質な映像としてスクリーン上に投影することが可能となる。

【0076】また、本発明の投写型表示装置は、本発明の投写レンズを用いてスクリーン投写型の表示装置を構成することにより、明るく高画質な投写画像を提供する

ことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】レトロフォーカス型レンズの原理を説明する説明図

【図2】本発明の投写レンズの原理を説明する説明図

【図3】本発明の投写型表示装置の一実施例を示す概略構成図

【図4】本発明の投写レンズの第1の実施例を示す断面構成図

【図5】本発明の投写レンズの第1の実施例における収差図

【図6】本発明の投写レンズの第1の実施例における開口効率を示す特性図

【図7】本発明の投写レンズの第1の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図8】本発明の投写レンズの第2の実施例を示す断面構成図

【図9】本発明の投写レンズの第2の実施例における収差図

【図10】本発明の投写レンズの第2の実施例における開口効率を示す特性図

【図11】本発明の投写レンズの第2の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図12】本発明の投写レンズの第3の実施例を示す断面構成図

【図13】本発明の投写レンズの第3の実施例における収差図

【図14】本発明の投写レンズの第3の実施例における開口効率を示す特性図

【図15】本発明の投写レンズの第3の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図16】本発明の投写レンズの第4の実施例を示す断面構成図

【図17】本発明の投写レンズの第4の実施例における収差図

【図18】本発明の投写レンズの第4の実施例における開口効率を示す特性図

【図19】本発明の投写レンズの第4の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図20】本発明の投写レンズの第5の実施例を示す断面構成図

【図21】本発明の投写レンズの第5の実施例における収差図

【図22】本発明の投写レンズの第5の実施例における開口効率を示す特性図

【図23】本発明の投写レンズの第5の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図24】本発明の投写レンズの第6の実施例を示す断面構成図

【図25】本発明の投写レンズの第6の実施例における

収差図

【図26】本発明の投写レンズの第6の実施例における開口効率を示す特性図

【図27】本発明の投写レンズの第6の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図28】本発明の投写レンズの第7の実施例を示す断面構成図

【図29】本発明の投写レンズの第7の実施例における収差図

【図30】本発明の投写レンズの第7の実施例における開口効率を示す特性図

【図31】本発明の投写レンズの第7の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図32】本発明の投写レンズの第8の実施例を示す断面構成図

【図33】本発明の投写レンズの第8の実施例における収差図

【図34】本発明の投写レンズの第8の実施例における開口効率を示す特性図

【図35】本発明の投写レンズの第8の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図36】本発明の投写レンズの第9の実施例を示す断面構成図

【図37】本発明の投写レンズの第9の実施例における収差図

【図38】本発明の投写レンズの第9の実施例における開口効率を示す特性図

【図39】本発明の投写レンズの第9の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図40】本発明の投写レンズの第10の実施例を示す断面構成図

【図41】本発明の投写レンズの第10の実施例における収差図

【図42】本発明の投写レンズの第10の実施例における開口効率を示す特性図

【図43】本発明の投写レンズの第10の実施例における解像性能を示すMTF特性図

【図44】本発明の投写レンズのその他の構成を示す概略構成図

【図45】従来の投写型表示装置の構成を示す概略構成図

【図46】従来の投写レンズの一例を示す断面構成図

【符号の説明】

21 投写器

22 光源

24、25、37、38 ダイクロイックミラー

26、36 平面ミラー

27、28、29 フィールドレンズ

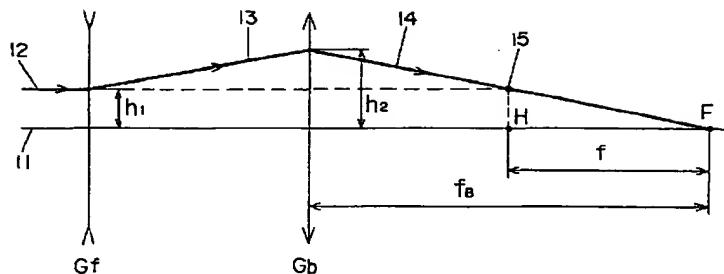
30、31、32 液晶パネル

33、34、35 補助レンズ

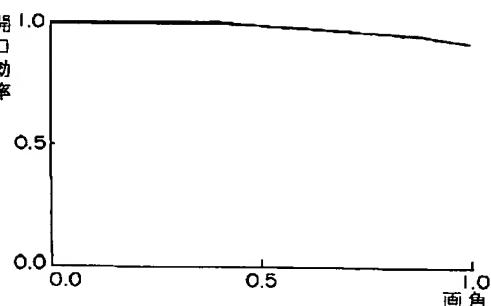
39 主レンズ群
 40 スクリーン
 G1 第1レンズ群
 G2 第2レンズ群
 G3 第3レンズ群
 G4 第4レンズ群

A 紋り
 P 出射側ガラス基板
 u1 軸上上光線
 u2 軸上下光線
 u3 軸外主光線

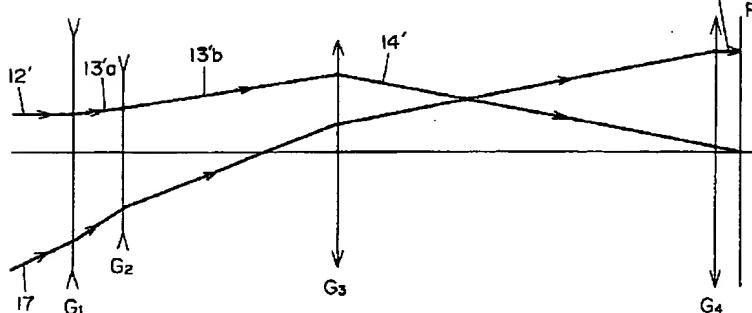
【図1】



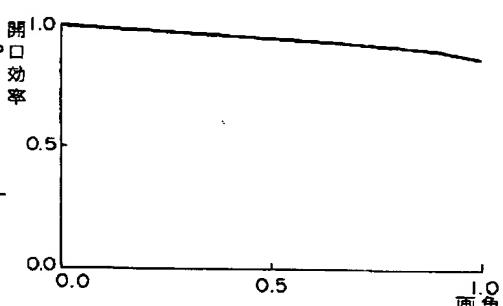
【图14】



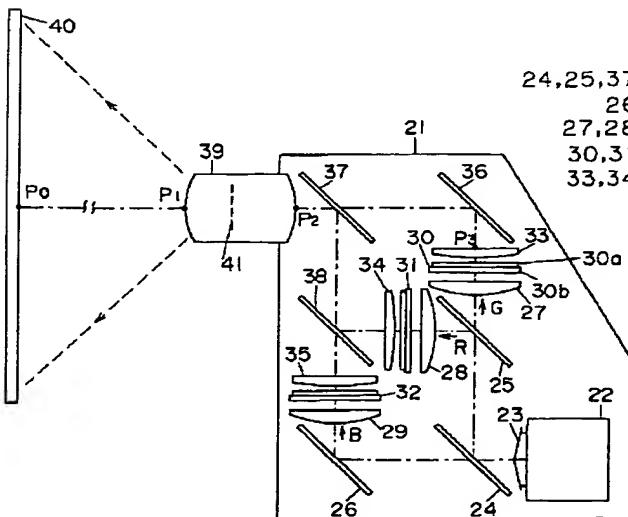
【图2】



【图 1.8】

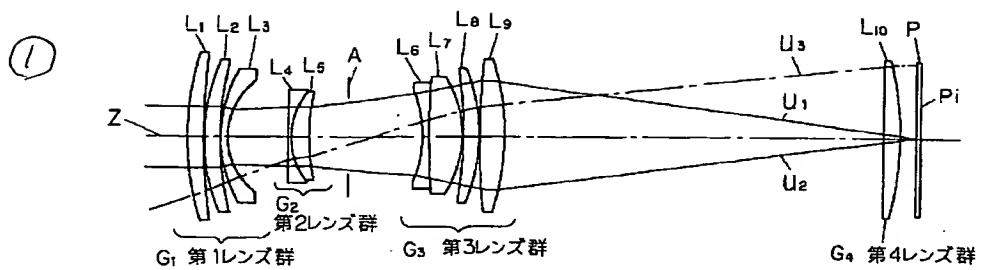


【図3】

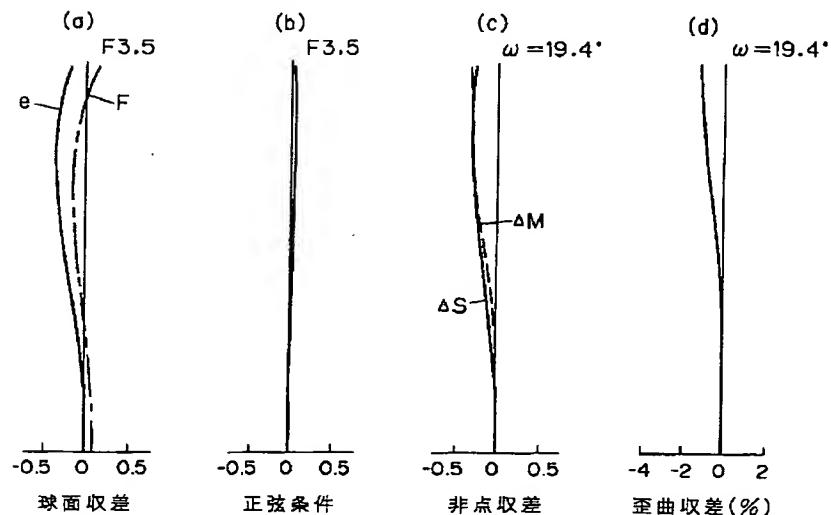


21	投写器
22	光源
24,25,37,38	ダイクロイックミラー
26,36	平面ミラー
27,28,29	フィールドレンズ
30,31,32	液晶パネル
33,34,35	補助レンズ
39	主レンズ群
40	スクリーン

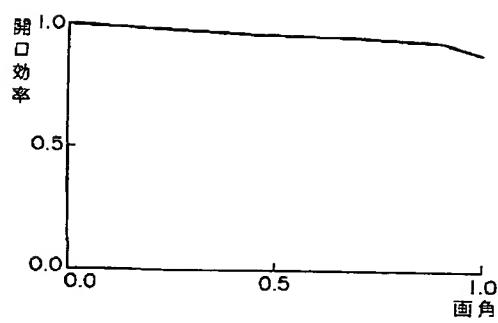
【図4】



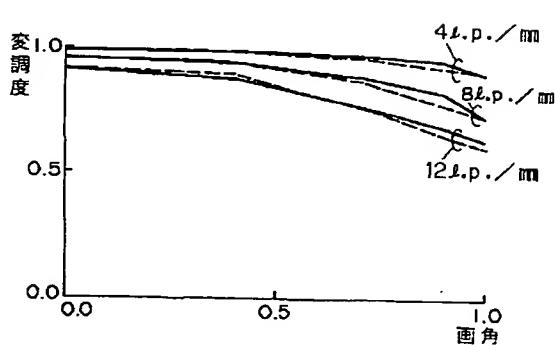
【図5】



【図6】

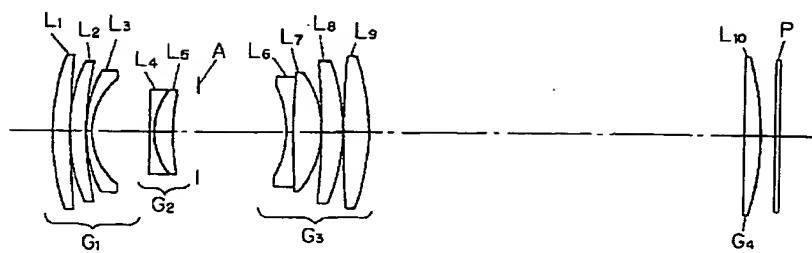


【図7】

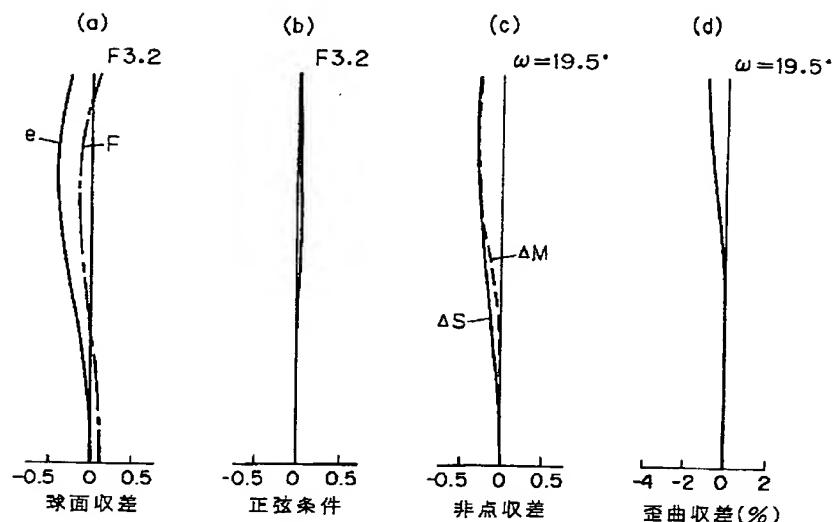


(2)

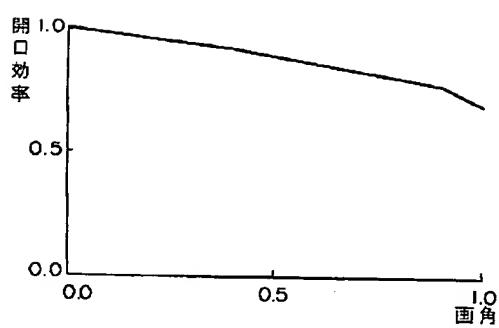
【図8】



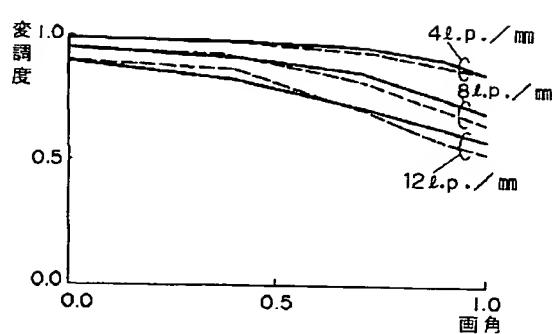
【図9】



【図10】

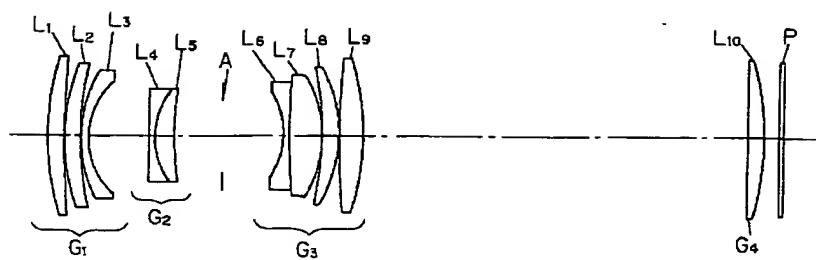


【図11】

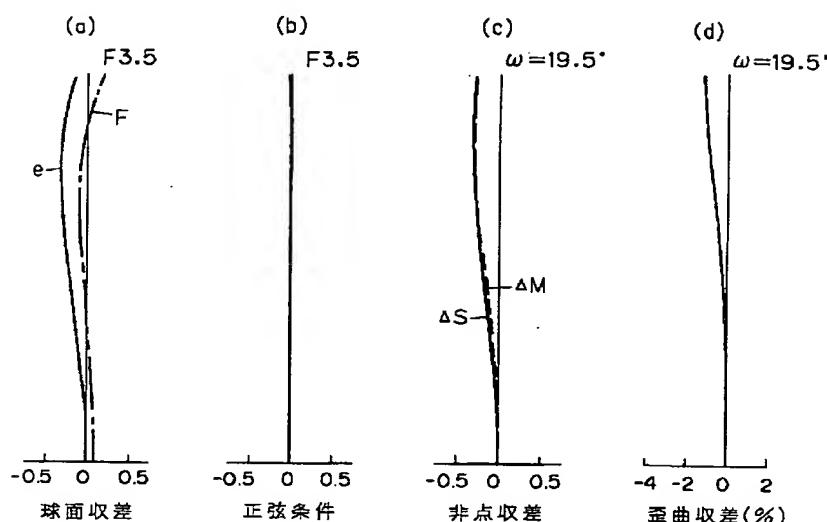


③

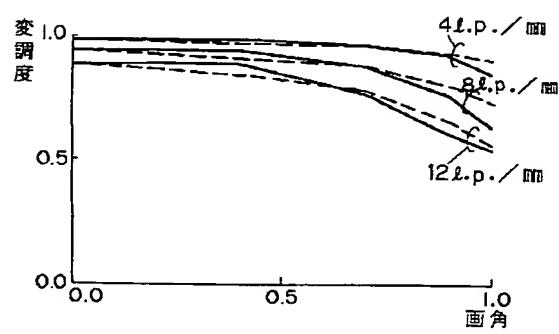
【図12】



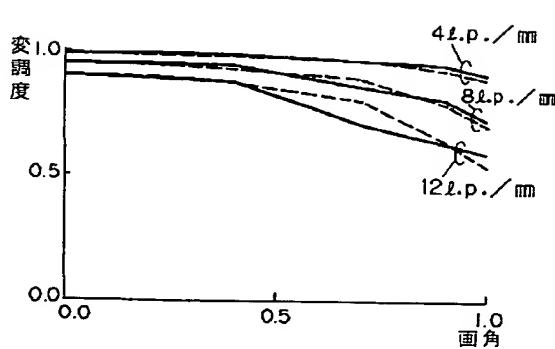
【図13】



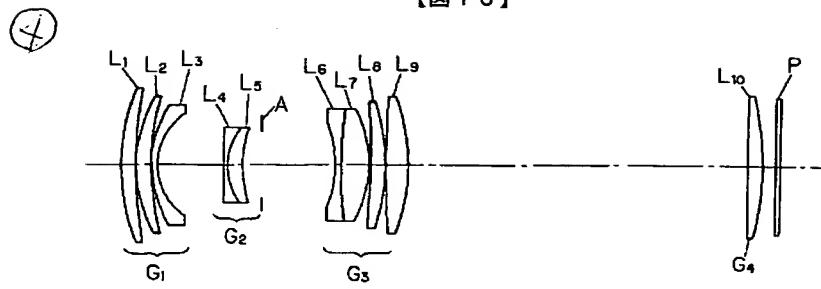
【図15】



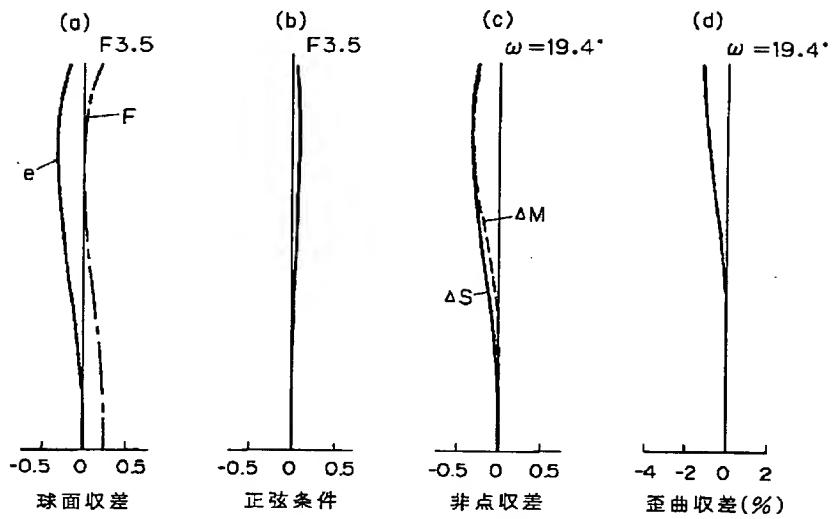
【図19】



【図16】

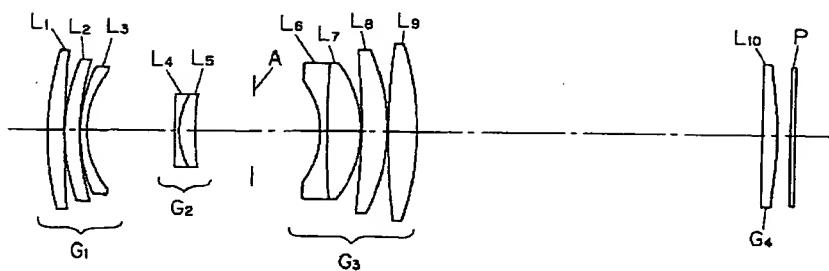


【図17】

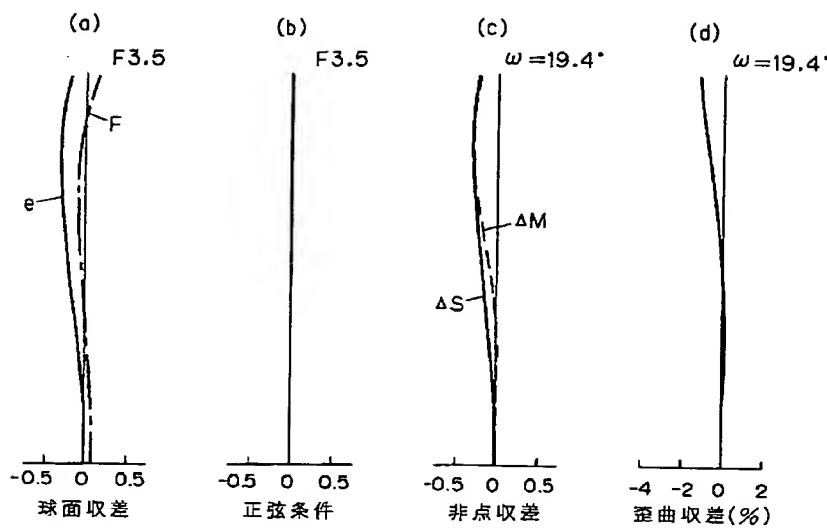


⑤

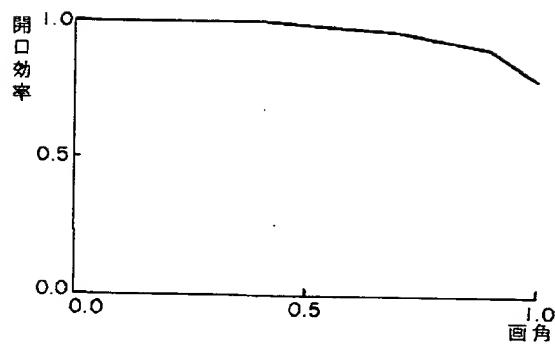
【図20】



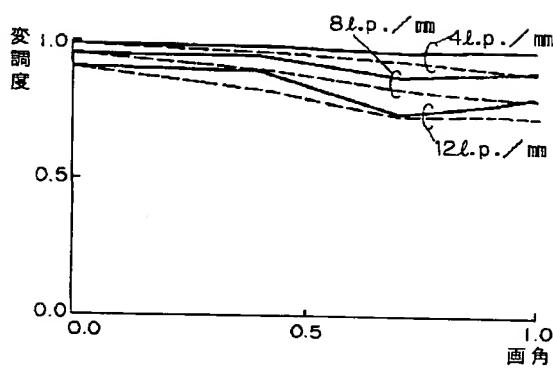
【図21】



【図22】

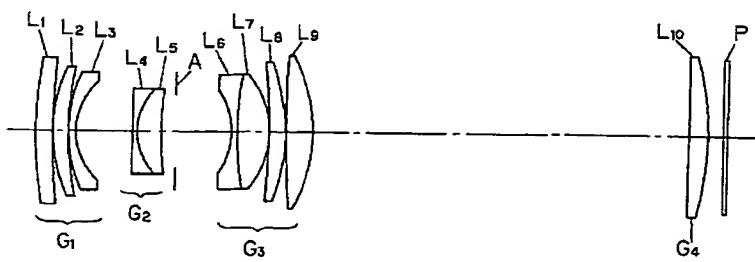


【図23】

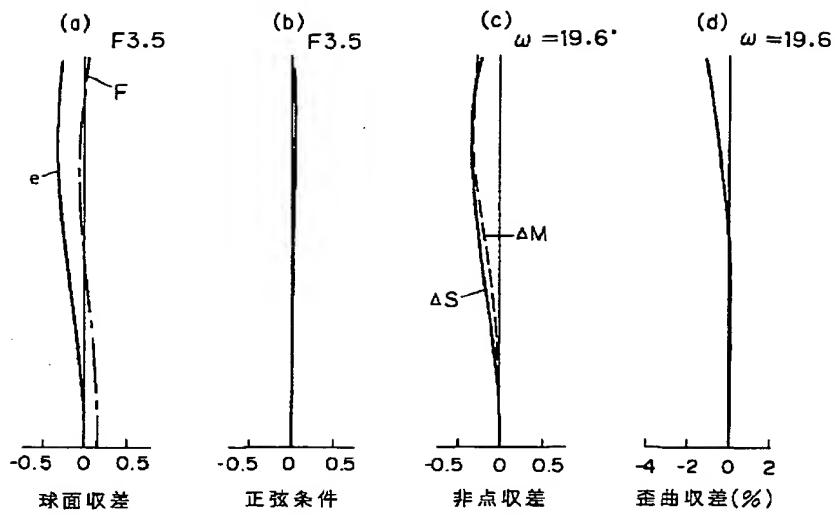


⑥

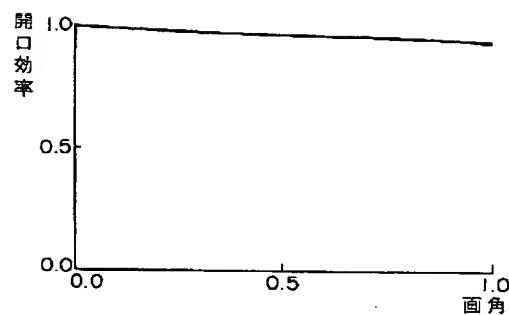
【図24】



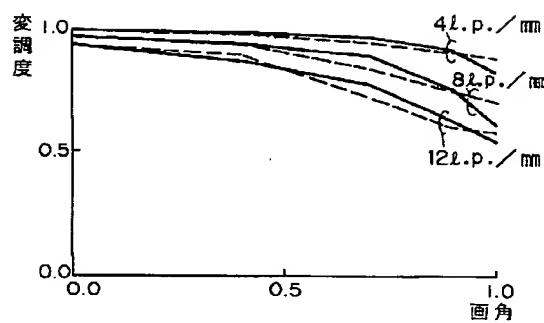
【図25】



【図26】

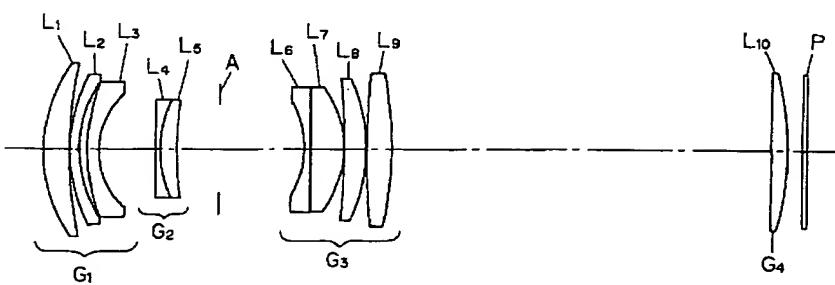


【図27】

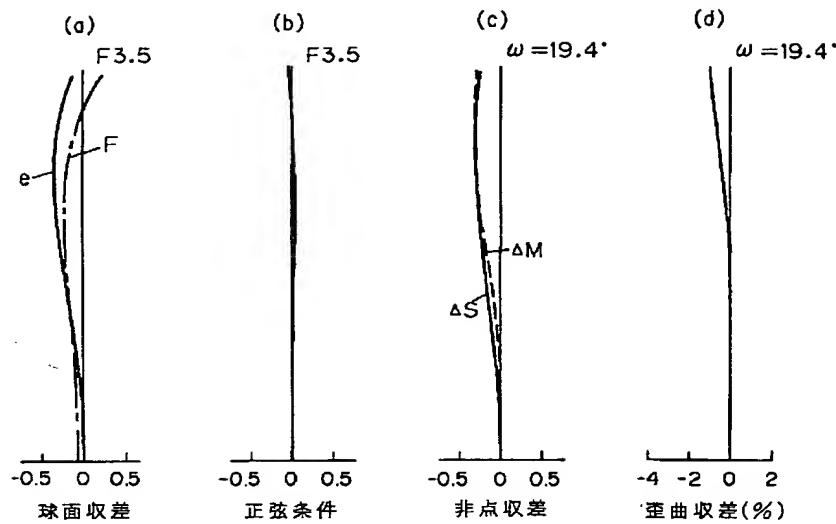


(7)

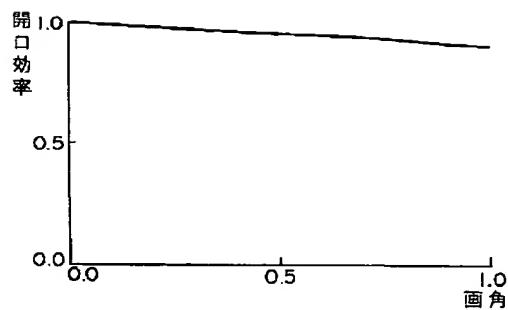
【図28】



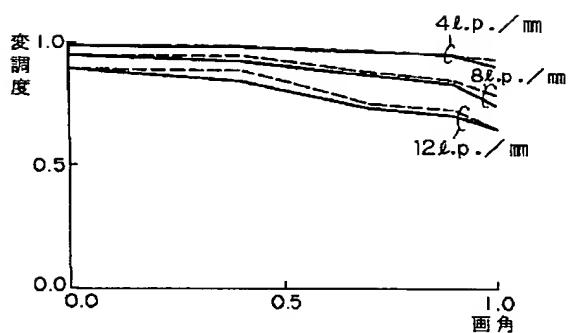
【図29】



【図30】

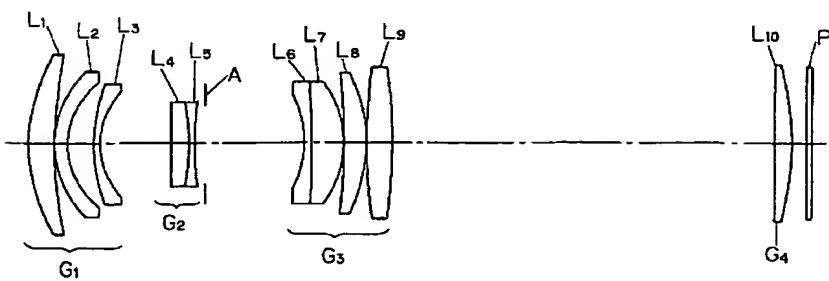


【図31】

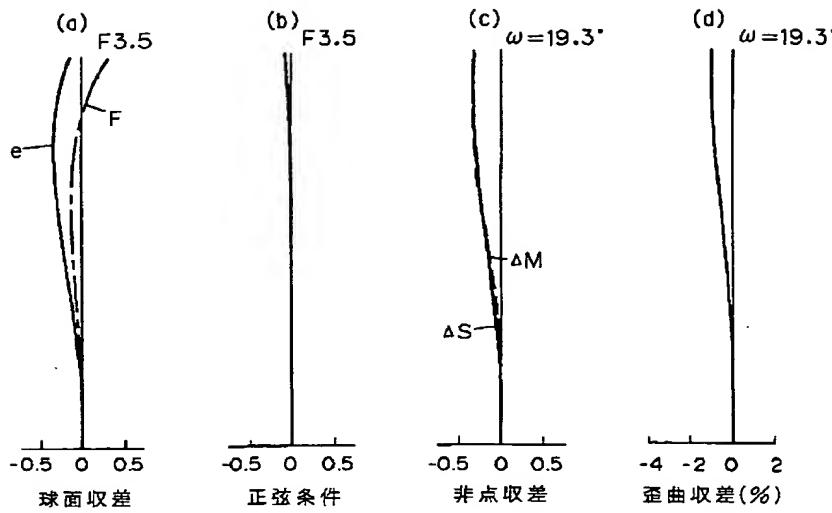


(8)

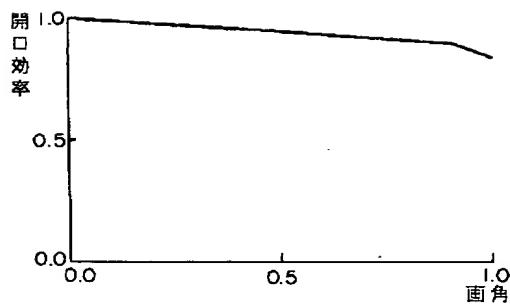
【図32】



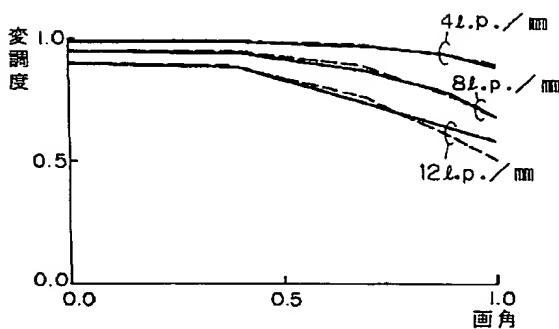
【図33】



【図34】

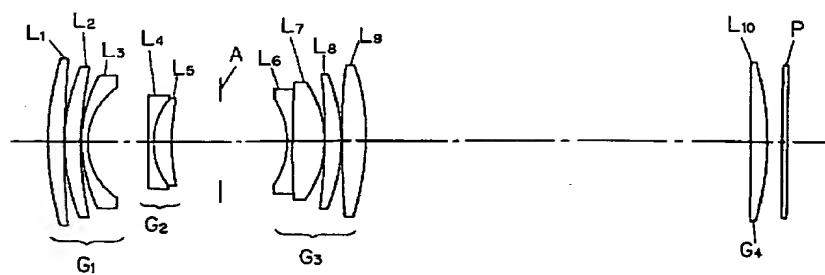


【図35】

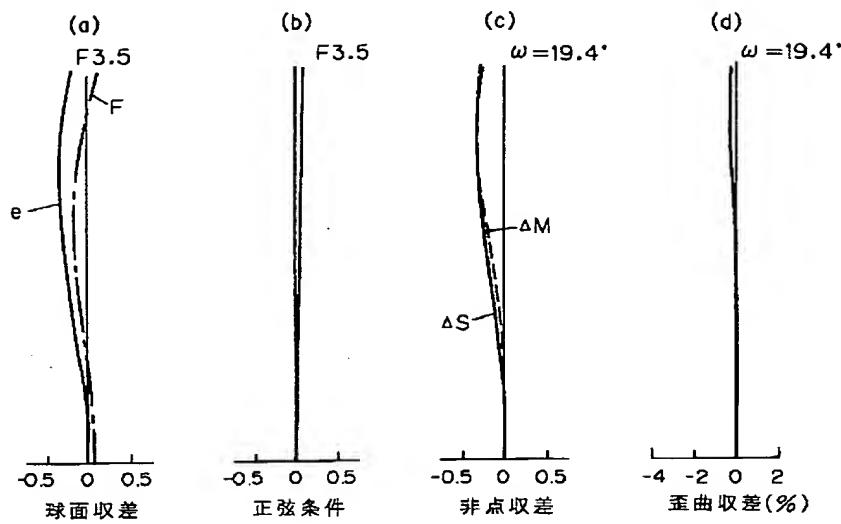


(9)

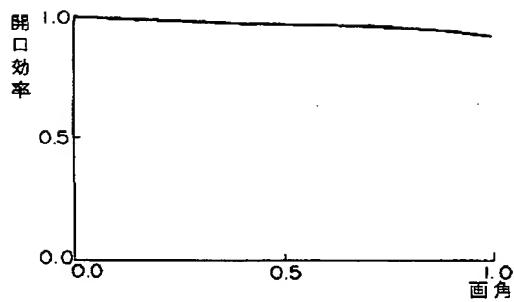
【図36】



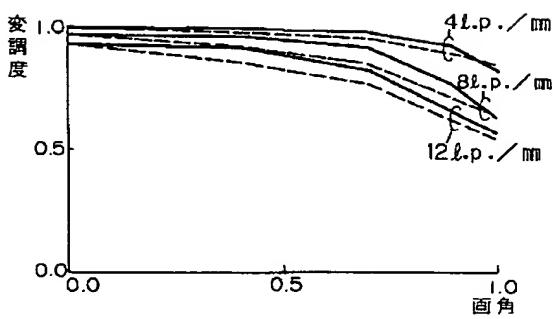
【図37】



【図38】

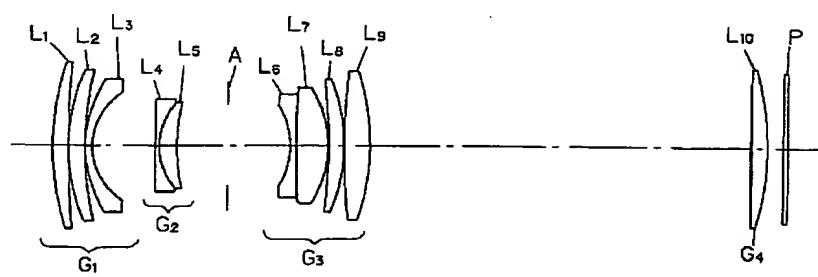


【図39】

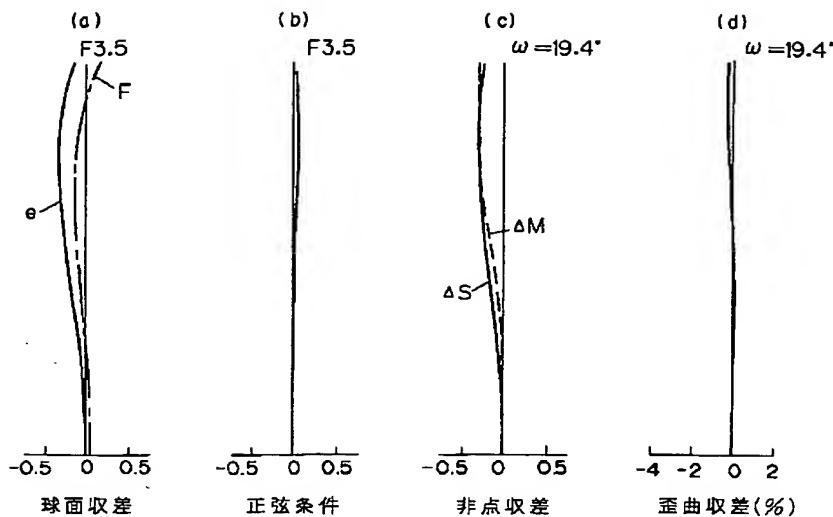


10

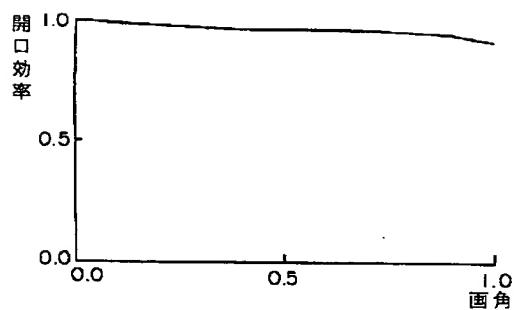
【図40】



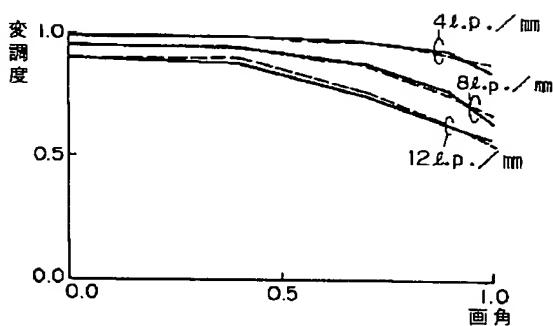
【図41】



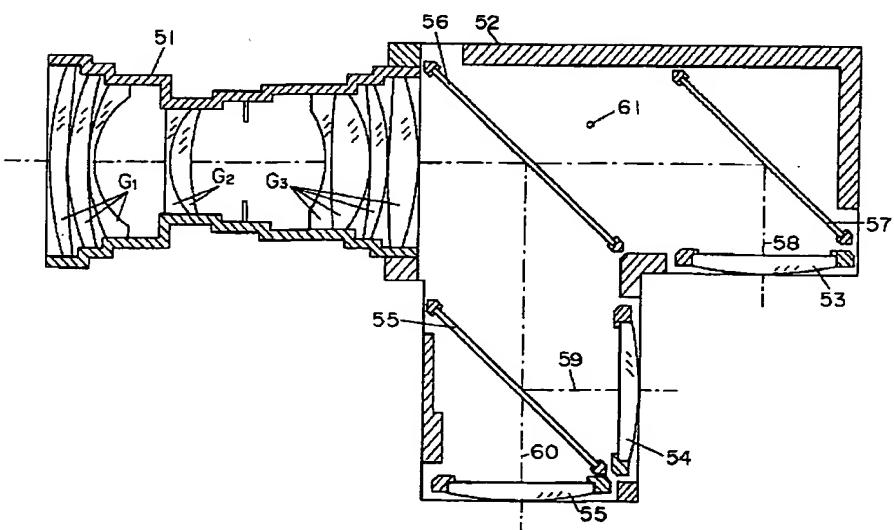
【図42】



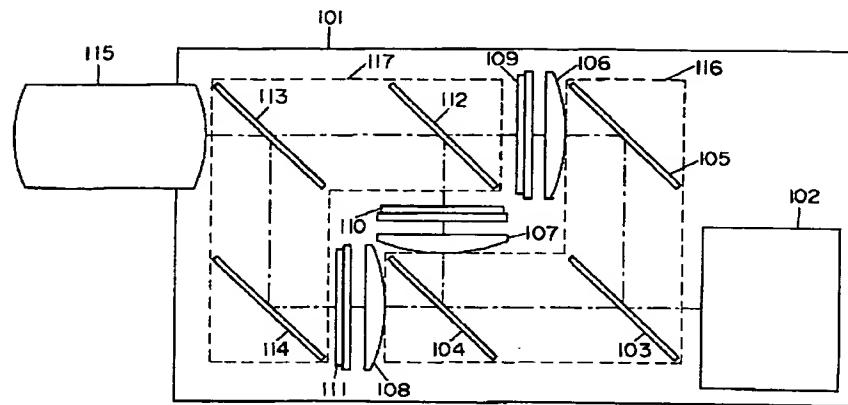
【図43】



【図44】



【図45】



【図46】

